

**Powder pumping installation, Method therefore and powder coating installation**

Patent Number: EP1437178  
Publication date: 2004-07-14  
Inventor(s): SANWALD MARCO [CH]  
Applicant(s): ITW GEMA AG [CH]  
Requested Patent: ☐ EP1437178  
Application Number: EP20030014661 20030627  
Priority Number(s): DE20031000280 20030108  
IPC Classification: B05B7/14  
EC Classification: B05B7/14A7B, F04B9/133, F04B9/137A, F04B15/02, F04B43/073C  
Equivalents: ☐ DE10300280  
Cited Documents:

---

**Abstract**

---

The particulate pump (2.1) has a timer control (74) to allow pressurized gas (36.1) into a metering feed chamber (6.1) at a preset operating point in time for a preset period. At the end of the time period, the powder mix is ejected from the metering chamber. The pump time control can be a cyclic timer to provide control signals at the ends of set time periods.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**14.07.2004 Patentblatt 2004/29**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **B05B 7/14**

(21) Anmeldenummer: **03014661.7**

(22) Anmeldetag: **27.06.2003**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR**  
**HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**  
 Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK**

(72) Erfinder: **Sanwald, Marco**  
**9015 St. Gallen (CH)**

(74) Vertreter: **Vetter, Ewald Otto et al**  
**Meissner, Bolte & Partner**  
**Anwaltssozietät GbR**  
**Postfach 10 26 05**  
**86016 Augsburg (DE)**

(30) Priorität: **08.01.2003 DE 10300280**

(71) Anmelder: **ITW Gema AG**  
**9015 St. Gallen (CH)**

(54) **Pumpeneinrichtung für Pulver, Verfahren hierfür und Pulverbeschichtungseinrichtung**

(57) Pumpeneinrichtung für Pulver, insbesondere für Beschichtungspulver, und Pulverbeschichtungseinrichtung. Es ist eine Zeitsteuereinrichtung (74) vorgesehen, durch welche in Abhängigkeit von der seit einem vorbestimmten Betriebszeitpunkt vergangenen vorbe-

stimmten Verzögerungszeitdauer Druckgas in eine Dosierkammer eingelassen und damit eine bis zum Ende der Verzögerungszeitdauer in die Dosierkammer eingebrachte Pulvermenge aus der Dosierkammer ausgestoßen wird.

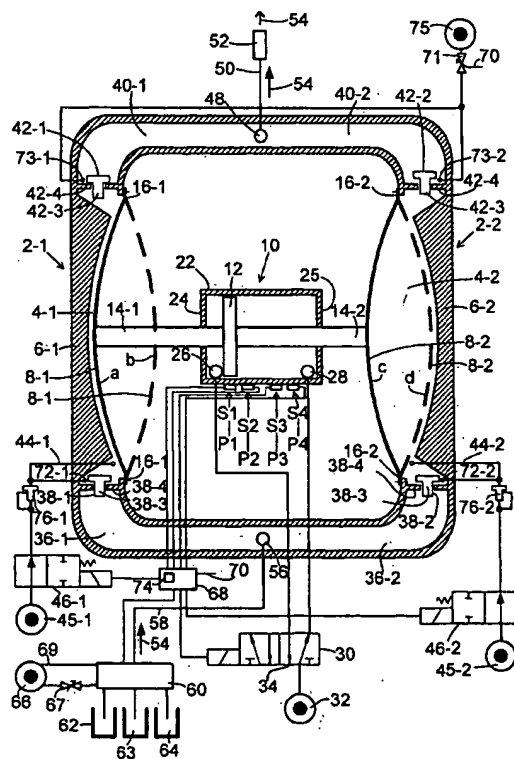


Fig. 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Pumpeneinrichtung für Pulver, insbesondere für Beschichtungspulver gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1, ein Verfahren hierfür und eine Pulverbeschichtungseinrichtung, die mindestens eine solche Pumpeneinrichtung aufweist.

[0002] Demgemäß betrifft die Erfindung eine Pumpeneinrichtung für Pulver, insbesondere für Beschichtungspulver, enthaltend mindestens eine Pulver-Pumpe, welche eine Dosierkammer aufweist, die von einem Kammergehäuse und einem Verdrängerkörper begrenzt ist, welcher relativ zum Kammergehäuse während eines Druckhubes vor und während eines Saughubes zurück bewegbar ist, wobei die Pumpenkammer einen Pulvereinlasskanal, welchem ein Pulvereinlassventil zugeordnet ist, einen Pulverauslasskanal, welchem ein Pulverauslassventil zugeordnet ist, und einen Druckgaseinlasskanal, welchem ein Druckgaseinlassventil zugeordnet ist, aufweist, wobei zum Ansaugen einer dosierten Menge von Pulver in die Dosierkammer das Pulvereinlassventil aufmachbar ist und das Pulverauslassventil und das Druckgaseinlassventil schließbar sind, so dass der sich in Saughubrichtung bewegend Verdrängerkörper Pulver durch den Pulvereinlasskanal in die Dosierkammer saugen kann, und zum Fördern von der dosierten Pulvermenge aus der Dosierkammer das Pulvereinlassventil schließbar ist und das Pulverauslassventil und das Druckgaseinlassventil aufmachbar sind, so dass von dem Druckluft-einlasskanal in die Dosierkammer strömende Druckluft die dosierte Pulvermenge von der Dosierkammer in den Pulverauslasskanal drücken kann.

[0003] Eine Pumpeneinrichtung dieser Art ist aus der EP-A-0 124 933 bekannt. Pumpeneinrichtungen sind auch bekannt aus EP-A-1 106 547, DE-A-39 00 718, DE-A-1 087 520, US 2 667 280, US 3 391 963.

[0004] Aus der Praxis ist eine Pumpeneinrichtung bekannt, welche zwei Pumpen aufweist, die je einen Pulveransaugkolben und einen ihn antreibenden Pneumatikzylinder aufweisen. Die beiden Pumpen werden gegenläufig angetrieben, so dass der eine einen Saughub ausführt, während der andere einen Druckhub ausführt. Während des Saughubes saugt der betreffende Pulveransaugkolben Pulver von einer Pulverquelle in seine Dosierkammer. Am Ende des Saughubes wird mittels Druckluft, welche in die Dosierkammer eingeleitet wird, die dort dosierte Pulvermenge aus der Dosierkammer in eine Pulverabgabeleitung ausgestoßen. Danach geht der Kolben während eines Druckhubes in seine Ausgangsstellung zurück, um dann wieder während eines Saughubes Pulver von der Pulverquelle anzusaugen. Die Fördermenge pro Zeiteinheit ist von der Frequenz abhängig, mit welcher die Kolben hin und her bewegt werden. Eine Pumpeneinrichtung dieser Art ist in der WO 03/024612 A1 erst nach dem Prioritätstag der vorliegenden neuen Patentanmeldung beschrieben worden.

[0005] Ferner sind sogenannte Injektoren bekannt, bei welchen nach dem Venturi-Prinzip ein Förderluftstrom von einer Auslassdüse in eine Fangdüse strömt und im Zwischenraum dazwischen einen Unterdruck erzeugt, durch welchen Beschichtungspulver von einer Pulverquelle in den Förderluftstrom gesaugt wird. Solche Injektoren haben gegenüber den vorgenannten Kolbenpumpen die Nachteile, dass die Pulverpartikel eine abrasive Wirkung auf die Fangdüse haben und dadurch der Wirkungsgrad der Pulverförderung im Laufe der Zeit abfällt. Eine pneumatische Pulverförderung dieser Art benötigt eine große Druckluftmenge pro Zeiteinheit.

[0006] Die vorgenannten Kolbenpumpen haben diese Nachteile nicht. Die Kolbenpumpen haben jedoch den Nachteil, dass sie das Pulver diskontinuierlich hubweise fördern und sowohl zur gleichmäßigeren Pulverförderung als auch zur Förderung von größeren Pulvermengen pro Zeiteinheit eine schnelle Kolbenbewegungsfrequenz erforderlich ist. Die Höhe der Kolbenfrequenz ist jedoch durch die Ansteuergeschwindigkeit, mit welcher die Ventile in den Strömungswegen der Pumpe ansteuerbar sind, begrenzt. Ferner muss darauf geachtet werden, dass in den Pumpen und in deren Strömungswegen Pulverpartikel nicht gequetscht werden, ansintern oder anderweitig haften bleiben und dass auch keine Zwischenräume, Vertiefungen und dergleichen existieren, in welchen sich Pulver ansammeln kann.

[0007] Durch die Erfindung soll die Aufgabe gelöst werden, eine Pumpeneinrichtung, welche mindestens einen Volumen-Verdrängerkörper aufweist, derart auszubilden, dass eine definierte und gewünschtenfalls auch große Fördermenge Pulver pro Zeiteinheit förderbar ist, ohne dass die vorgenannten Nachteile entstehen. Insbesondere soll über eine lange Betriebs-Lebensdauer eine große Prozesssicherheit und große Stabilität der Pulver-Fördermenge pro Zeiteinheit (konstante Pulverrate für eine definierte Konfiguration und definierte Einstellung der Pumpeneinrichtung) erzielt werden.

[0008] Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch die Merkmale von Anspruch 1 und der anderen unabhängigen Ansprüche gelöst.

[0009] Weitere Merkmale der Erfindung sind in den Unteransprüchen enthalten.

[0010] Demgemäß ist die Pumpeneinrichtung gemäß der Erfindung dadurch gekennzeichnet, dass eine Zeitsteuereinrichtung vorgesehen ist, durch welche in Abhängigkeit von der seit einer vorbestimmten Betriebssituation vergangenen vorbestimmten Verzögerungszeitdauer das Fördern des Pulvers aus der Dosierkammer gestartet wird, indem Druckluft in die Dosierkammer eingelassen und die bis zum Ende der Verzögerungszeitdauer dosierte Pulvermenge mittels der Druckluft aus der Dosierkammer heraus gedrückt wird.

[0011] Ferner ist gemäß der Erfindung eine Pulversprühbeschichtungseinrichtung gegeben, welche mindestens eine solche Pumpeneinrichtung aufweist.

**[0012]** Außerdem offenbart die Erfindung Verfahren zur Förderung von Pulver, insbesondere Beschichtungspulver.

**[0013]** Die Erfindung wird im Folgenden mit Bezug auf die Zeichnungen anhand von bevorzugten Ausführungsformen als Beispiele beschrieben. In den Zeichnungen zeigen

Fig. 1 schematisch, teilweise im Querschnitt, eine Doppelpumpeneinrichtung nach der Erfindung,

Fig. 2 schematisch Teile von Fig. 1 zusammen mit einem Funktionsdiagramm zur Erklärung der Erfindung,

Fig. 3 schematisch, teilweise im Querschnitt, eine weitere Ausführungsform einer Doppelpumpeneinrichtung nach der Erfindung,

Fig. 4 schematisch, teilweise im Querschnitt, eine weitere Ausführungsform einer Doppelpumpeneinrichtung nach der Erfindung,

Fig. 5 einen Längsschnitt durch ein Einwegventil nach Art eines Entenschnabels im Schließzustand, welches bei allen Ausführungsformen von Pumpeneinrichtungen nach der Erfindung als Pulvereinlassventil und/oder als Pulverauslassventil verwendbar ist,

Fig. 6 das Einwegventil von Fig. 5 in Vorderansicht entgegen der Durchlassrichtung gesehen,

Fig. 7 das Einwegventil im Längsschnitt gesehen im Offenzustand,

Fig. 8 eine Vorderansicht entgegen der Durchlassrichtung gesehen auf das Einwegventil von Fig. 7 im Offenzustand,

Fig. 9 das Einwegventil der Figuren 5 bis 8 in Seitenansicht gesehen, relativ zu den Figuren 5 und 7 um 90° um die Längsachse gedreht.

**[0014]** Fig. 1 zeigt eine Pumpeneinrichtung nach der Erfindung für Pulver, insbesondere für Beschichtungspulver, welche zwei Pulver-Pumpen 2-1 und 2-2 aufweist, welche je eine Dosierkammer 4-1 bzw. 4-2 enthalten, die von einem Kammergehäuse 6-1 bzw. 6-2 und einem Verdrängerkörper in Form einer flexiblen Membran 8-1 bzw. 8-2 begrenzt ist.

**[0015]** Die beiden Membranen 8-1 und 8-2 haben einen zwischen ihnen angeordneten, gemeinsamen Antrieb 10. Der Antrieb 10 kann ein mechanischer, hydraulischer, elektrischer oder entsprechend Fig. 1 ein pneumatischer Antrieb sein. Der in Fig. 1 gezeigte pneumatische Antrieb enthält einen quer zu den Membranen 8-1

und 8-2 verschiebbaren Antriebskolben 12, von welchem sich in Bewegungsrichtung Kolbenstangen 14-1 bzw. 14-2 weg erstrecken, deren vom Antriebskolben 12 entfernte Enden mit der einen Membran 8-1 bzw. mit der anderen Membran 8-2 verbunden sind, so dass die beiden Membranen sich jeweils gemeinsam mit dem Antriebskolben 12 bewegen. Die Kolbenstangen 14-1 und 14-2 greifen jeweils im Zentrum der betreffenden Membran 8-1 bzw. 8-2 an, welche sich jeweils zusammen mit dem Antriebskolben 12 in Kolbenaxialrichtung bewegt. Die Membranumfangsränder 16-1 bzw. 16-2 sind jeweils an einem Teil des Kammergehäuses 6-1 bzw. 6-2 befestigt und können sich nicht mit dem Membranzentrum zusammen mit dem Antriebskolben 12 quer zur Membran bewegen. Wenn im Rahmen dieser Beschreibung von Hubbewegungen der Membran die Rede ist, dann ist damit jeweils der Bereich der Membran gemeint, welcher mit dem Antriebskolben 12 zur gemeinsamen Bewegung verbunden ist, jedoch nicht die am Kammergehäuse befestigten Membranumfangsränder 16-1 bzw. 16-2.

**[0016]** Die Kammergehäuse 6-1 und 6-2 der beiden Pulver-Pumpen 2-1 und 2-2 sind vorzugsweise Abschnitte eines gemeinsamen Gehäuseteiles oder Gehäuses, welches in Fig. 1 im Schnitt gezeigt ist.

**[0017]** Die Membranen 8-1 und 8-2 (mit Ausnahme ihrer Membranumfangsränder 16-1 und 16-2) sind während eines Druckhubes vor und während eines Saughubes zurück bewegbar mittels des gemeinsamen Antriebes 10. In Fig. 1 befindet sich die links gezeigte Membran 8-1 in einer Endstellung "a", welches die Endstellung des Druckhubes und die Anfangsstellung des Saughubes ist. Hierbei hat die zugehörige Dosierkammer 4-1 ihr kleinstes Volumen. Hierbei liegt die Membran 8-1 vorzugsweise nicht vollständig an dem Kammergehäuse 6-1 an, sondern hat einen kleinen Abstand davon, damit zwischen der Membran 8-1 und dem Kammergehäuse 6-1 Pulverpartikel nicht eingequetscht werden können. Dasselbe trifft für die in Fig. 1 rechts gezeigte Membran 8-2 zu, wenn sich diese in einer Endstellung "d" befindet, welches die Endstellung ihres Druckhubes und die Anfangsstellung ihres Saughubes ist. Fig. 1 zeigt jedoch die rechte Membran 8-2 in einer linken Endstellung "c", welches ihre Endstellung des Saughubes und ihre Anfangsstellung des Druckhubes ist. Die beiden Membranen 8-1 und 8-2 werden von dem Antriebskolben 12 jeweils gemeinsam nach links oder nach rechts bewegt, so dass die linke Membran 8-1 ihren Druckhub ausführt, wenn die rechte Membran 8-2 ihren Saughub ausführt, und umgekehrt.

**[0018]** Der Antriebskolben 12 befindet sich in einem Zylinder 22, welcher nahe von Zylinderstirnwänden 24 und 25 beidseitig des Antriebskolbens 12 je eine Druckluft-Steueröffnung 26 bzw. 28 hat, welche über ein Umschaltventil 30 wechselweise mit einer Druckluftquelle 32 oder mit einer Entlüftungsöffnung 34 zur Außenatmosphäre zur Entlüftung verbindbar sind. In Fig. 1 ist die rechts gezeigte Druckluft-Steueröffnung 28 mit der

Druckluftquelle 32 verbunden, weshalb deren Druckluft den Antriebskolben 12 in die in Fig. 1 links gezeigte Position gedrückt hat, während die links gezeigte Druckluft-Steueröffnung 26 mit der Entlüftungsöffnung 34 des Umschaltventils 30 verbunden ist. Das Umschaltventil 30 ist umschaltbar, so dass nach der Umschaltung die rechts gezeigte Druckluft-Steueröffnung 28 mit der Entlüftungsöffnung 34 verbunden ist und die links gezeigte Druckluft-Steueröffnung 26 mit der Druckluftquelle 32 verbunden ist. Bei dieser in Fig. 1 nicht gezeigten, umgekehrten Stellung des Umschaltventils 30 treibt die Druckluft den Antriebskolben 12 zusammen mit den beiden Membranen 8-1 und 8-2 von links nach rechts. Dabei wird durch die linke Membran 8-1 von ihrer Saughubanfangsposition (Druckhubendposition) "a" in ihre Saughubendposition (Druckhubanfangsposition) "b" bewegt. Simultan dazu wird die rechte Membran 8-2 von ihrer Saughubendposition (Druckhubanfangsposition) "c" in ihre Saughubanfangsposition (Druckhubendposition) "d" bewegt. Die beiden Membranen 8-1 und 8-2 sind in ihrer linken Endstellung durch eine durchgezogene Linie und in ihrer rechten Endstellung durch eine gestrichelte Linie schematisch dargestellt.

**[0019]** Jede Dosierkammer 4-1 und 4-2 hat einen Pulvereinlasskanal 36-1 bzw. 36-2, welchem je ein Pulvereinlassventil 38-1 bzw. 38-2 zugeordnet ist; einen Pulverauslasskanal 40-1 bzw. 40-2, welchem je ein Pulverauslassventil 42-1 bzw. 42-2 zugeordnet ist; und einen Druckgaseinlasskanal 44-1 bzw. 44-2, welchem je ein Druckgaseinlassventil 46-1 bzw. 46-2 zugeordnet ist.

**[0020]** Zum Ansaugen einer dosierten Menge von Pulver in die in Fig. 1 links gezeigte Dosierkammer 4-1 ist das linke Pulvereinlassventil 38-1 aufmachbar, und das linke Pulverauslassventil 42-1 und das linke Druckgaseinlassventil 46-1 schließbar, so dass die sich in Saughubrichtung von der Saughubanfangsposition "a" in die Saughubendposition "b" bewegendende linke Membran 8-1 Pulver durch den linken Pulvereinlasskanal 36-1 in die linke Dosierkammer 4-1 saugen kann. Zum Fördern der dosierten Pulvermenge aus der links gezeigten Dosierkammer 4-1 in den linken Pulverauslasskanal 40-1 ist das linke Pulvereinlassventil 38-1 schließbar und das linke Pulverauslassventil 42-1 sowie das linke Druckgaseinlassventil 46-1 aufmachbar, so dass Druckgas, z. B. Druckluft, von einer Druckgasquelle 45-1, z. B. einer Druckluftquelle, durch den linken Druckgaseinlasskanal 44-1 in die linke Dosierkammer 4-1 strömen und die dosierte Pulvermenge von der Dosierkammer 4-1 in den linken Pulverauslasskanal 40-1 drücken kann. Danach oder während dieses Ausstoßens des Pulvers aus der linken Dosierkammer 4-1, je nach Ausführungsform der Pumpeneinrichtung, wird die linke Membran 8-1 von dem Antriebskolben 12 wieder von der rechten Saughubendposition "b" in die linke Saughubanfangsposition "a" zurück bewegt, was hier als Druckhub bezeichnet wird, damit sie anschließend wieder einen Saughub ausführen kann.

**[0021]** Korrespondierende Funktionen führen auch

die vom Antrieb 10 angetriebene, in Fig. 1 rechts gezeigte Membran 8-2 und die ihr zugeordneten Ventile 38-2, 42-2, 45-2 und 46-2 aus bezüglich der zugehörigen rechten Dosierkammer 4-2, des zugehörigen rechten Pulvereinlasskanals 36-2 und des zugehörigen rechten Pulverauslasskanals 40-2 und einer rechts gezeigten Druckgasquelle 45-2, z. B. einer Druckluftquelle. Die rechte Membran 8-2 macht jedoch ihren Druckhub, wenn die linke Membran 8-1 ihren Saughub macht, und umgekehrt.

**[0022]** Die beiden Pulvereinlassventile 38-1 und 38-2 haben je einen Ventilkörper 38-3 und einen Ventilsitz 38-4 mit einer Ventilöffnung, die vom Ventilkörper 38-3 verschließbar ist. Die beiden Pulverauslassventile 42-1 und 42-2 haben je einen Ventilkörper 42-3 und einen Ventilsitz 42-4 mit einer Ventilöffnung, die vom Ventilkörper 42-3 verschließbar ist.

**[0023]** Die beiden in Fig. 1 gezeigten Pulverauslasskanäle 40-1 und 40-2 haben eine gemeinsame Pulverabgabeöffnung 48, an welche über eine Pulverabgabeleitung 50 ein Pulverempfänger angeschlossen ist, beispielsweise eine Pulverspritzvorrichtung 52 zum Sprühen des Pulvers 54 auf ein zu beschichtendes Objekt oder ein Pulverzwischenbehälter, von welchem dann das Pulver 54 einer Pulverspritzvorrichtung 52 zugeführt wird, oder ein Pulversammelbehälter.

**[0024]** Die beiden Pulvereinlasskanäle 36-1 und 36-2 können getrennt oder gemeinsam an eine gemeinsame oder an verschiedene Pulverquellen angeschlossen sein. In Fig. 2 sind sie vorzugsweise über eine gemeinsame Pulvereinlassöffnung 56 und über eine Pulveransaugleitung 58 an einen Farbwechsler 60 angeschlossen. Der Farbwechsler 60 ist eine Kanalweiche oder Pulverweiche, durch welche je nach Weichenstellung einer von mehreren Pulverbehältern 62, 63, 64 usw. mit der Pulveransaugleitung 58 wahlweise verbindbar ist. Die Umschaltung des Farbwechslers 60 erfolgt vorzugsweise mittels Druckgas, z. B. Druckluft, einer Druckgasquelle, z. B. einer Druckluftquelle 66 über eine gesteuerte Ventilanordnung 67.

**[0025]** Der Farbwechsler 60 ist auch in eine Schaltstellung schaltbar, bei welcher keiner der Pulverbehälter 62, 63, 64, sondern statt dessen die Druckgasquelle 66 über eine Druckgasleitung 69 mit der Pulveransaugleitung 58 verbunden ist, so dass Druckgas, z. B. Druckluft über die Pulvereinlasskanäle 36-1, 36-2 und deren Pulvereinlassventile 38-1, 38-2 durch die Dosierkammern 4-1 und 4-2 und dann auch über deren Pulverauslassventile 42-1 bzw. 42-2 und die Pulverauslasskanäle 40-1, 40-2 zu der Pulverabgabeleitung 50 und von dieser durch die Pulverspritzvorrichtung 52 in die Außenatmosphäre strömen kann, um die ganze Anlage von Pulverresten zu reinigen. Mittels einer, vorzugsweise elektronischen oder computerisierten, Pumpensteuereinrichtung 68 kann ferner vorgesehen sein, dass gleichzeitig oder nach dieser Reinigung Druckgas, z. B. Druckluft von einer Druckgasquelle 45-1 bzw. 45-2 über den Druckgaseinlasskanal 44-1 bzw. 44-2 und deren

zugehöriges steuerbares Druckgaseinlassventil 46-1 bzw. 46-2 in das eine Ende der Dosierkammer 4-1 bzw. 4-2 eingeblasen und damit Pulver aus der Dosierkammer am anderen Kammerende durch das dortige Pulverauslassventil 42-1 bzw. 42-2 und den sich daran anschließenden Pulverauslasskanal 40-1 bzw. 40-2 durch die Pulverabgabeleitung 50 und die Pulverspritzvorrichtung 52 ausgeblasen wird. Der Druckgaseinlasskanal 44-1 bzw. 44-2 kann einen parallel zu ihm angeordneten Druckgasreinigungskanal 72-1 bzw. 72-2 aufweisen, welcher gegen die stromabwärtigen Teile des betreffenden Pulvereinlassventils 38-1 bzw. 38-2 gerichtet ist, um diese von Pulverpartikeln zu reinigen, falls nicht bereits der Druckgaseinlasskanal 44-1 bzw. 44-2 gegen die stromabwärtigen Bereiche der Pulvereinlassventile 38-1 bzw. 38-2 gerichtet ist und dadurch diese reinigt.

[0026] Gleichzeitig oder nach dieser Reinigung kann von der Pumpensteuereinrichtung 68 über eine Steuerleitung 70 ein Ventil 71 geöffnet werden, um Druckgas, z. B. Druckluft, von einer Druckgasquelle 75 durch eine Zusatzgasleitung 73-1 bzw. 73-2 auf die stromabwärtigen Teile der Pulverauslassventile 42-1 bzw. 42-2, gegen welche die Zusatzgasleitung gerichtet ist, zu blasen und von dort durch die Pulverauslasskanäle 40-1 und 40-2 und die Pulverabgabeleitung 50 zur Pulverspritzvorrichtung 52 und von dort in die Außenatmosphäre zu leiten.

[0027] Die Pumpeneinrichtung 68 steuert alle steuerbaren Ventile und den Farbwechsler 60.

[0028] Die Pumpensteuereinrichtung 68 enthält eine Zeitsteuereinrichtung 74, durch welche in Abhängigkeit von der seit einer vorbestimmten Saughubposition, z. B. P1 oder P2 der links gezeigten Membran 8-1 und einer vorbestimmten Saughubposition, z. B. P4 oder P3, der rechts gezeigten Membran 8-2, vergangenen vorbestimmten Verzögerungszeitdauer das Fördern des Pulvers aus der betreffenden Dosierkammer 4-1 bzw. 4-2 gestartet wird. Am Ende der Verzögerungszeit wird das Druckgas der Druckgasquelle 45-1 bzw. 45-2 durch das Druckgaseinlassventil 46-1 bzw. 46-2 in die Dosierkammer 4-1 bzw. 4-2 eingelassen, so dass die bis zum Ende der Verzögerungszeit dosierte Pulvermenge mittels dieses Druckgases aus der Dosierkammer heraus gedrückt wird durch das betreffende Pulverauslassventil 42-1 bzw. 42-2 in die Pulverabgabeleitung 50 und von dieser zur Pulverspritzvorrichtung 52 oder zu einem Pulverbehälter.

[0029] Die genannte "vorbestimmte Saughubposition" kann gemäß einer Ausführungsform die Saughubanfangsposition "a" entsprechend P1 für die linke Membran 8-1 und "d" entsprechend P4 für die rechte Membran 8-2 sein, welche in Fig. 1 für die links gezeigte Membran 8-1 die in ausgezogenen Linien dargestellte Stellung "a" ist, und welches für die in Fig. 1 rechts gezeigte Membran 8-2 die in gestrichelten Linien gezeigte Position "d" ist.

[0030] Die Saughubanfangsposition "a" wird für die in Fig. 1 und 2 links gezeigte Membran 8-1 durch einen

Sensor S1 an einer Position P1 detektiert. Dies ist für die linke Membran 8-1 gleichzeitig die Druckhubendposition. Für die rechte Membran 8-2 ist die Position P1 am Sensor S1 die Saughubendposition und gleichzeitig die Druckhubanfangsposition.

[0031] Die Saughubanfangsposition "d" wird für die in Fig. 1 und 2 rechts gezeigte Membran 8-2 durch einen Sensor S4 an einer Position P4 detektiert. Dies ist für die rechte Membran 8-2 gleichzeitig die Druckhubendposition. Für die linke Membran 8-1 ist die Position P4 am Sensor S4 die Saughubendposition und gleichzeitig die Druckhubanfangsposition.

[0032] Wenn die Membranen 8-1 und 8-2 eine dem Sensor S1 bei P1 oder dem Sensor S4 bei P4 entsprechende Endposition "a" entsprechend "c", oder "d" entsprechend "b" erreicht haben, gibt der betreffende Sensor ein Signal an die Pumpensteuereinrichtung 68 zur Umkehr der Bewegung des Antriebskolbens 12 und damit auch der beiden Membranen in der einen oder anderen Richtung durch Druckluftzufuhr zur Druckluft-Steueröffnung 26 oder zur Druckluft-Steueröffnung 28 und durch Entlüften der jeweils anderen Druckluft-Steueröffnung.

[0033] Wenn bei der betreffenden Ausführungsform der Pumpeneinrichtung die genannte "vorbestimmte Saughubposition" die Saughubanfangsposition "a" bzw. "d" der Membran 8-1 bzw. der Membran 8-2 ist, dann erkennt die Zeitsteuereinrichtung 74 der Pumpensteuereinrichtung 68 anhand der Signale der Sensoren S1 und S4, wenn die Membranen 8-1 und 8-2 die betreffende Endposition erreicht haben.

[0034] Die Sensoren S1 und S4 können an jeder beliebigen Stelle angeordnet sein, wo Positionen der Membran 8-1 und 8-2 ermittelbar sind, insbesondere an Stellen des Zylinders 22 oder des Antriebskolbens 12 oder der Kolbenstangen 14-1 und 14-2 oder des Kammergehäuses 6-1, 6-2 oder der Membranen 8-1 und 8-2. Gemäß bevorzugter Ausführungsform sind sie am Zylinder 22, vorzugsweise auf dessen Außenseite, an Positionen P1 und P4 angeordnet, welche der Antriebskolben 12 jeweils hat, wenn sich die Membranen 8-1 und 8-2 in einer der beiden Endstellungen befinden.

[0035] Gemäß der Erfindung kann mittels Druckgas der Druckgasquelle 45-1 dosiertes Pulver aus der linken Dosierkammer 4-1, und mittels Druckgas der Druckgasquelle 45-2 dosiertes Pulver aus der rechten Dosierkammer 4-2 nicht nur bei Erreichen der Saughubendposition "b" der linken Membran 8-1 und "c" der rechten Membran 8-2 durch das betreffende Pulverauslassventil 42-1 bzw. 42-2 ausgestoßen werden, sondern auch bereits früher, wenn erst eine kleinere Pulvermenge in der betreffenden Dosierkammer ist. Dies wird durch eine Verzögerungszeitdauer erreicht, welche an der Zeitsteuereinrichtung 74 vorzugsweise variabel einstellbar ist. Dadurch ist es möglich kleiner dosierte Pulvermengen aus der betreffenden Dosierkammer 4-1 bzw. 4-2 auszustoßen, bevor die zugehörige Membran 8-1 bzw. 8-2 ihren vollen Saughub vollendet hat. Hierbei wird das

jeweils zugehörige Pulvereinlassventil 38-1 bzw. 38-2 jeweils sofort geschlossen, wenn Druckgas der Druckgasquelle 45-1 bzw. 45-2 über den Druckgaseinlasskanal 44-1 bzw. 44-2 in die betreffende Dosierkammer 4-1 bzw. 4-2 eingeblasen wird. Je nach Größe der vorbestimmten Verzögerungszeit ist zum Zeitpunkt des Pulverausstoßes eine größere oder kleinere Menge Pulver in der betreffenden Dosierkammer angesaugt worden. Dadurch besteht durch Einstellen unterschiedlicher Verzögerungszeitdauern die Möglichkeit, die dosierte Pulverfördermenge der Dosierkammern 4-1 bzw. 4-2 zu variieren, unabhängig von der Frequenz, mit welcher die Membranen 8-1 und 8-2 von dem gemeinsamen Antrieb 10 hin und her bewegt werden. Die Bewegungsfrequenz der Membranen kann konstant gehalten werden oder ebenfalls variabel sein.

[0036] Gemäß der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung befindet sich die "vorbestimmte Saughubposition" an einer Stelle zwischen der Saughubanfangsposition "a" bzw. "d" und der Saughubendposition "b" bzw. "a", vorzugsweise näher bei der Saughubanfangsposition als bei der Saughubendposition.

[0037] Bei der bevorzugten Ausführungsform wird diese vorbestimmte Saughubposition für die in Fig. 1 und 2 links gezeigte Membran 8-1 durch einen Sensor S2 an einer Position P2 und für die in Fig. 1 und 2 rechts gezeigte Membran 8-2 durch einen Sensor S3 an einer Position P3 definiert. Die beiden Sensoren S2 und S3 können wie die Sensoren S1 und S2 an jeder beliebigen Stelle angeordnet sein, wo sie definierte Positionen der Membran 8-1 und 8-2 zwischen deren Endpositionen a, b, c und d detektieren können, beispielsweise am Zylinder 22, am Antriebskolben 12, an dessen Kolbenstangen 14-1 und 14-2 oder an den Membranen selbst oder an dem Kammergehäuse 6-1, 6-2. Gemäß bevorzugter Ausführungsform der Erfindung sind sie an dem Zylinder 22 angeordnet. Es wird ein Sensorsignal ausgelöst, wenn der Antriebskolben 12 oder ein bestimmter Teil des Antriebskolbens 12 dem jeweiligen Sensor benachbart ist. Der Sensor S2 sendet jeweils dann ein Signal an die Zeitsteuereinrichtung 74 der Pumpensteuereinrichtung 68, wenn die linke Membran 8-1 eine dem Sensor S2 entsprechende Position erreicht, die so gewählt wird, dass sie beim Saughub der vorbestimmten Saughubposition der linken Membran 8-1 entspricht. Entsprechend sendet der Sensor S3 jeweils dann ein Signal an die Zeitsteuereinrichtung 74 der Pumpensteuereinrichtung 68, wenn die rechte Membran 8-2 eine dem Sensor S3 entsprechende Position erreicht, die so gewählt wird, dass sie beim Saughub der vorbestimmten Saughubposition der rechten Membran 8-2 entspricht. Durch die zeitliche Abfolge der Signale der angebrachten Sensoren erkennt die Zeitsteuereinrichtung, ob bei Empfang eines Signals des Sensors S2 bzw. des Sensors S3 die linke Membran 8-1 oder die rechte Membran 8-2 zu diesem Zeitpunkt einen Saughub ausführt. Im Falle eines Saughubes startet die Zeitverzögerungseinrichtung 74 die vorbestimmte Zeit-

verzögerungsdauer, an deren Ende Druckgas in die Dosierkammer 4-1 bzw. in die Dosierkammer 4-2 gelassen wird zum Herausdrücken der dosierten Pulvermenge.

[0038] Gemäß der bevorzugten Ausführungsform ist die Bewegungsstrecke der Membranen 8-1 und 8-2 bei allen Hubbewegungen konstant gleich groß und sie erstreckt sich von dem Sensor S1 bis zum Sensor S4 bzw. umgekehrt. Durch entsprechende Ansteuerung der Antriebsdruckluft mittels des Umschaltventils 30 könnte die Bewegungsstrecke auch verkürzt werden.

[0039] Fig. 2 zeigt über der Pumpeneinrichtung ein Diagramm, in welchem auf der horizontalen Achse S die Hubstrecke des Antriebskolbens 12, welche der Bewegungsstrecke der Membranen 8-1 und 8-2 entspricht, mit der Endposition P1 bei dem Sensor S1, der Endposition P4 bei dem Sensor S4, der vorbestimmten Saug-Teilhubposition P2 bei dem Sensor S2 und der vorbestimmten Saug-Teilhubposition P3 bei dem Sensor S3. Auf der vertikalen Achse des Diagramms sind die Saughubzeiten  $t_0$  bis  $t_{10}$  für die links gezeigte Membran 8-1 aufgetragen. In umgekehrter Richtung von der Endposition P4 bis zur Endposition P1 entspricht dies dem Druckhub der links gezeigten Membran 8-1. Wenn die links gezeigte Membran 8-1 sich von der Saughubanfangsposition P1 nach rechts bewegt, erreicht sie die vorbestimmte Saug-Teilhubposition P2 bei dem Sensor S2. Bei Erreichen dieser vorbestimmten Saug-Teilhubposition P2 wird von der Zeitsteuereinrichtung 74 eine vorbestimmte, vorzugsweise variabel einstellbare, Verzögerungszeitdauer gestartet, bei deren Ablauf das Druckgas der Druckgasquelle 45-1 über den Druckgaseinlasskanal 44-1 in die Dosierkammer 4-1 eingeblasen wird, damit das Druckgas die bis dahin in diese Dosierkammer 4-1 eingesaugte Pulvermenge durch das Pulverauslassventil 42-1 in die Pulverabgabeleitung 50 drückt und durch diese hindurch aus der Pulverspritzvorrichtung 52. Das Ende der Verzögerungszeitdauer kann jeder beliebige Zeitpunkt sein, während welchem sich der Antriebskolben 12 und entsprechend die links gezeigte Membran 8-1 zwischen der vorbestimmten Saug-Teilhubposition P2 bei dem Sensor S2 und der Saughubendposition P4 bei dem Sensor S4 befindet.

[0040] Wenn der Antriebskolben 12 den Sensor S4 in der Endposition P4 erreicht hat, wird dies von der Pumpensteuereinrichtung 68 durch ein Signal des Sensors S4 erkannt. Die Pumpensteuereinrichtung 68 schaltet daraufhin das Umschaltventil 30 in die in Fig. 1 gezeigte Stellung um, in welcher Druckluft der Druckluftquelle 32 den Antriebskolben 12 wieder zurück treibt zur anderen Endposition P1 bei dem Sensor S1. Durch ein Signal von dem Sensor S1 beginnt dann der Zyklus erneut. Die Umschaltung der Bewegung der beiden Membranen 8-1 und 8-2, und damit auch des Antriebskolbens 12, von der einen Bewegungsrichtung in die andere Bewegungsrichtung an den Bewegungspunkten kann jeweils ohne oder mit Zeitverzögerung erfolgen. Die Zeitverzögerung kann fest eingestellt oder variabel einstellbar

sein, beispielsweise in einem Programm programmierbar sein.

**[0041]** Bei der Bewegung des Antriebskolbens 12 von der rechts gezeigten Endposition P4 bei dem Sensor S4 zur links gezeigten Endposition P1 bei dem Sensor S1 wird die links gezeigte Membran 8-1 von ihrer gestrichelt gezeichneten Druckhubanfangsposition "b", welche der Saughubendposition entspricht, in die Druckhubendposition "a" bewegt, welche mit ausgezogener Linie 8-1 dargestellt ist.

**[0042]** Während dieses Druckhubes der linken Membran 8-1 wird die rechts gezeigte Membran 8-2 von dem Antriebskolben 12 von ihrer in gestrichelten Linien gezeigten Saughubanfangsposition "d" (Druckhubendposition) in die in ausgezogenen Linien gezeigte Saughubendposition "c" bewegt, wobei sie über das Pulvereinlassventil 38-2 Pulver vom Farbwechsler 60 in ihre Dosierkammer 4-2 einsaugt. Wenn der Antriebskolben 12 bei diesem Saughub von Position P4 bei S4 kommend die vorbestimmte Saughubposition P3 bei dem Sensor S3 erreicht, wird durch ein Signal dieses Sensors S3 von der Zeitsteuereinrichtung 74 eine vorbestimmte, vorzugsweise variabel einstellbare, Verzögerungsdauer gestartet. Bei Ablauf dieser Verzögerungsdauer wird von der Pumpensteuereinrichtung 68, ausgelöst durch die Zeitsteuereinrichtung 74, Druckgas der in Fig. 1 rechts gezeigten Druckgasquelle 45-2 über deren Druckgaseinlassventil 46-2 und den Drucklufteinlaßkanal 44-2 in die rechts gezeigte Dosierkammer 4-2 eingelassen, um die bis zu diesem Zeitpunkt eingesaugte und damit entsprechend dosierte Pulvermenge aus dieser Dosierkammer 4-2 durch deren Pulverauslassventil 42-2 zur Pulverabgabeleitung 50 und von dieser durch die Pulverspritzvorrichtung 52 zu drücken. Dieser Zeitpunkt, zu welchem das Pulver mittels des Druckgases aus der Dosierkammer 4-2 ausgestoßen wird, kann an einer beliebigen Stelle der Bewegung des Antriebskolbens 12 zwischen der vorbestimmten Saughubposition P3 beim Sensor S3 und der Saughubendposition P1 beim Sensor S1 liegen. Dies entspricht einem Zeitraum zwischen der in Fig. 2 in der oberen Hälfte des Diagramms gezeigten Zeitskala  $t_0$  bis  $t_{10}$ . Wenn die rechte Membran 8-2 ihre Saughubendposition "c" erreicht hat, hat gleichzeitig die links gezeichnete Membran 8-1 ihre Druckhubendposition "a" erreicht, welches gleichzeitig deren Saughubanfangsposition wird.

**[0043]** Danach beginnt der Zyklus von vorne.

**[0044]** Die Zahlen der Zeitachsen  $t_0$  bis  $t_{10}$  und  $t_{10}$  bis  $t_{10}$  sind beliebig gewählt.

**[0045]** Wenn die von der Pumpensteuereinrichtung 68 in Abhängigkeit von Signalen der Endpositions-Sensoren S1 und S4 gesteuerten Druckgaszufuhrventile 46-1 und 46-2 nicht sehr nahe bei der betreffenden Dosierkammer 4-1 bzw. 4-2 positionierbar sind, kann es zweckmäßig sein, in dem Druckgaseinlasskanal 44-1 bzw. 44-2, oder dessen Zuleitung zum gesteuerten Ventil, ein Rückschlagventil 76-1 bzw. 76-2 nahe des Ein-

lasses des Druckgaseinlasskanals 44-1 bzw. 44-2 in die Dosierkammer 4-1 bzw. 4-2 anzuordnen, welches in Druckgaszufuhrrichtung selbsttätig öffnet und in entgegengesetzter Strömungsrichtung selbsttätig schließt. Damit wird vermieden, dass Pulverpartikel aus der Dosierkammer 4-1 bzw. 4-2 in die Druckgaseinlassventile 46-1 und 46-2 zurück wandern können.

**[0046]** Gemäß der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Pulvereinlassventile 38-1 und 38-2 und/oder die Pulverauslassventile 42-1 und 42-2 keine gesteuerten Ventile, sondern selbsttätig öffnende und schließende Ventile nach Art eines Rückschlagventiles. Hierbei sind die Pulvereinlassventile 38-1 und 38-2 derart angeordnet, dass sie vom Sog bzw. Unterdruck in ihrer Dosierkammer 4-1 bzw. 4-2 während des Saughubes der zugehörigen Membran 8-1 bzw. 8-2 geöffnet werden, um Pulver von dem betreffenden Pulverbehälter 62, 63 oder 64 durch den Pulvereinlasskanal 36-1 bzw. 36-2 in die Dosierkammern 4-1 bzw. 4-2 einzusaugen. Der zum Ausstoßen der dosierten Pulvermenge aus der betreffenden Dosierkammer 4-1 bzw. 4-2 verwendete Gasdruck der Druckgasquelle 45-1 bzw. 45-2 ist größer als der Unterdruck und bewirkt, dass das Pulvereinlassventil 38-1 bzw. 38-2 automatisch geschlossen wird. Gemäß einer anderen Ausführungsform sind die Pulvereinlassventile 38-1 und 38-2 und/oder die Pulverauslassventile 42-1 und 42-1 von der Pumpensteuereinrichtung 68 gesteuerte Ventile.

**[0047]** Die Pulverauslassventile 42-1 und 42-2 sind umgekehrt zu den Pulvereinlaßventilen angeordnet. Dadurch wird das betreffende Pulverauslassventil 42-1 bzw. 42-2 vom Unterdruck während des Saughubes der zugehörigen Membran 8-1 bzw. 8-2 geschlossen und von dem Druckgas in den Dosierkammern zum Ausstoßen der dosierten Pulvermenge geöffnet, um die dosierte Pulvermenge mittels des Druckgases durch das geöffnete Pulverauslassventil 42-1 bzw. 42-2 und den sich anschließenden Pulverauslasskanal 40-1 bzw. 40-2 in die Pulverabgabeleitung 50 und von dieser in die Pulverspritzvorrichtung 52 zu drücken. Das Druckgas überwindet den Unterdruck.

**[0048]** Die Pulveransaugleitung 58 könnte anstatt an einen Farbwechsler 60 direkt zu einem der Pulverbehälter 62, 63 oder 64 gehen.

**[0049]** Die Pulverspritzvorrichtung 52, üblicherweise auch als Pulversprühvorrichtung bezeichnet, kann zum Spritzen oder Sprühen des Pulvers eine Düse oder einen Rotationskörper oder eine rotierende Düse aufweisen, wie dies aus dem Stand der Technik bekannt ist.

**[0050]** Somit ist gemäß der Erfindung ein Verfahren zur Förderung von Pulver, insbesondere Beschichtungspulver, gegeben, bei welchem durch Vergrößern des Volumens einer Dosierkammer 4-1 und/oder 4-2 Pulver von einer Pulverquelle in die Dosierkammer 4-1 bzw. 4-2 einsaugbar und anschließend mittels Druckgas die dosierte Pulvermenge aus der Dosierkammer heraus drückbar ist. Der Zyklus ist periodisch wiederholbar. Mittels der Sensoren S1, S4, S2 und S3 wird eine vor-



bestimmte Phase oder Position der periodisch erfolgenden Volumenänderungen der Dosierkammer 4-1 bzw. 4-2 ermittelt und nach einer vorbestimmten Zeitverzögerung nach dem Erreichen der vorbestimmten Phase wird mittels der Druckluft die bis dahin dosierte Pulvermenge aus der Dosierkammer 4-1 bzw. 4-2 heraus gedrückt.

**[0051]** Es ist offensichtlich, dass die Erfindung auch mit nur einer Dosierkammer 4-1 oder 4-2 ausführbar ist, ohne eine zweite Dosierkammer 4-2 oder 4-1. Ferner ist ersichtlich, dass anstelle eines einzigen Antriebes 10 für beide Membranen 8-1 und 8-2, jede Membran 8-1 und 8-2 einen eigenen Antrieb 10 haben kann.

**[0052]** Die Verwendung einer Membran 8-1 bzw. 8-2 als Verdrängerkörper ermöglicht eine kompakte kleine Bauweise. Die Erfindung ist jedoch nicht auf die Verwendung einer Membran beschränkt, sondern anstelle einer Membran kann auch ein Kolben in einem Zylinder verwendet werden.

**[0053]** Fig. 3 zeigt eine Ausführungsform der Erfindung, bei welcher anstelle einer Membran ein Kolben als Verdrängerkörper verwendet wird. Ferner zeigt Fig. 3 die Möglichkeit, anstelle eines einzigen Antriebes für zwei oder mehr Verdrängerkörper (Membran oder Kolben) für jeden Verdrängerkörper (Membran oder Kolben) einen eigenen Antrieb zu verwenden.

**[0054]** In Fig. 3 sind den Fig. 1 und 2 entsprechende Teile mit gleichen Bezugszahlen versehen. Damit trifft die vorstehende Beschreibung der Fig. 1 und 2 auch auf Fig. 3 zu. Fig. 3 zeigt auch die Möglichkeit, die Sensoren S1, S2, S3 und S4 nicht zur Detektion des Antriebskolbens 12 anzuordnen, sondern zur Detektion der jeweiligen Position des Verdrängerkörperkolbens 8-1 bzw. 8-2. Bei Fig. 3 besteht jedoch ebenfalls die Möglichkeit, diese Sensoren nicht dem Verdrängerkörperkolben 8-1 und 8-2 zuzuordnen, sondern dem Antriebskolben 12 oder einem anderen Element.

**[0055]** In Fig. 3 ist für jeden Pulvereinlasskanal 36-1 und 36-2 eine eigene Pulveransaugleitung 58 vorgesehen, welche zu verschiedenen Pulverquellen (Pulverbehälter oder Farbwechsler) oder gemäß in Fig. 3 zu einer gemeinsamen Pulverquelle, z. B. einem Pulverbehälter 62 führen können. Anstelle dieser Ausführungsform könnte auch eine gemeinsame Pulveransaugleitung 58 ähnlich Fig. 1 für beide Pulvereinlasskanäle 36-1 und 36-2 vorgesehen werden. Diese können direkt zu einem Pulverbehälter, z. B. 62, führen oder zu einem Farbwechsler 60 entsprechend Fig. 1.

**[0056]** Merkmale der Fig. 1 und 2 einerseits und Fig. 3 andererseits sind gegenseitig austauschbar zur Bildung von neuen Kombinationen.

**[0057]** Die Erfindung ist auch für Kombinationen von drei oder mehr Pulverpumpen verwendbar, deren Pulvereinlasskanäle an eine gemeinsame oder an verschiedene Pulverquellen angeschlossen oder anschließbar sind und deren Pulverauslaßkanäle alle mit einer gemeinsamen Pulverabgabeöffnung verbunden sind, wobei eine Pumpensteuerereinrichtung derart ausgebildet

ist, dass sie die Pumpen ansteuert, um relativ zueinander zeitlich versetzt ihre Saughübe und dazu korrespondierend zeitlich versetzt auch ihre Druckhübe auszuführen, so dass die Pumpen zeitlich zueinander versetzt Pulver ansaugen und zeitlich zueinander versetzt dosierte Pulvermengen abgeben, jedoch bei mindestens einer Pumpe ihr Verdrängerkörper (Membran oder Pulververdrängerkolben) sich in einer Zwischenstellung zwischen Endstellungen befindet, wenn der Verdrängerkörper von mindestens einer der anderen der Pumpen sich in einer Endstellung befindet.

**[0058]** Alle genannten Druckgase und Druckgasquellen können Druckluft bzw. Druckluftquellen sein. Jedoch sind auch andere Druckgase, z. B. Edelgase, und entsprechende andere Druckgasquellen, z. B. Edelgasquellen, verwendbar. Zwei oder mehr oder alle genannten Druckgasquellen können zusammen eine einzige Druckgasquelle sein, von welcher die verschiedenen Druckgase entnehmbar sind.

**[0059]** Bei den bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung, welche in den Figuren 1, 2 und 3 gezeigt sind, ist die Pumpensteuerereinrichtung 68 ausgebildet, um die Umschaltungen der Bewegungen der Verdrängerkörper 8-1 und 8-2 von Saughub auf Druckhub, und umgekehrt, in Abhängigkeit von Signalen von den Sensoren S1 und S4 zu bewirken, welche jeweils ein Signal erzeugen, wenn sich der Verdrängerkörper 8-1 bzw. 8-2 längs der Hubstrecke an der einen oder der anderen von zwei vorbestimmten Bewegungsumkehrpositionen befindet.

**[0060]** Dies ist nur eine Möglichkeit, durch welche die Pumpensteuerereinrichtung 68 erkennen kann, wann sich der betreffende Verdrängerkörper 8-1 bzw. 8-2 in einer vorbestimmten Saughubposition befindet.

**[0061]** Eine andere Möglichkeit ist in einer anderen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung verkörpert, welche in Fig. 4 schematisch dargestellt ist. Bei der Ausführungsform von Fig. 4 enthält die Pumpensteuerereinrichtung 68 einen Taktzeitgeber 80, durch welchen die zeitverzögerte Einspritzung von Druckgas in die Dosierkammer 4-1 bzw. 4-2 einer festen Taktzeit unterliegt. Nach Ablauf dieser Taktzeit sendet die Pumpensteuerereinrichtung 68 Steuersignale an das Umschaltventil 30, welches durch Druckgaszufuhr und Druckgasabfuhr in bzw. aus dem Zylinder 22 des Antriebes 10 die Bewegungen der Verdrängerkörper 8-1 und 8-2 und damit die einander entgegen gerichteten Volumenänderungen der beiden Dosierkammern 4-1 und 4-2 bewirkt.

**[0062]** Diese Steuersignale, vorzugsweise das Steuersignal zum Starten des Saughubes, bewirken gleichzeitig auch, dass die Zeitverzögerung der Zeitsteuereinrichtung 74 gestartet wird. Sobald dann die vorbestimmte Verzögerungszeitdauer abgelaufen ist, wird Druckgas durch das eine Druckgaseinlassventil 46-1 in die eine Dosierkammer 8-1 oder durch das andere Druckgaseinlassventil 46-2 in die andere Dosierkammer 4-2 eingeleitet zur Pulverförderung in der mit Bezug auf die Figuren 1 bis 3 beschriebenen Art und Weise. Der Unterschied zu den Figuren 1 bis 3 besteht darin, dass die

Pumpensteuereinrichtung 68 die vorbestimmte Saughubposition der Verdrängerkörper 8-1 und 8-2 nicht anhand von Sensorsignalen (Sensoren S1, S2, S3, S4) erkennt, sondern durch Steuersignale, welche jeweils bei Ablauf der Taktzeit des Taktzeitgebers 80 erzeugt werden.

[0063] Dabei wird angenommen, dass der Antriebskolben 12 und damit auch die Verdrängerkörper 8-1 und 8-2 bei Ablauf der Taktzeit ihre vorbestimmten Endpositionen erreicht haben. Abweichungen zwischen den vorbestimmten Endpositionen und den tatsächlich erreichten Endpositionen können dann entstehen, wenn sich die Bewegungswiderstände der zu bewegenden Elemente verändern, beispielsweise durch Materialabnutzung, Materialermüdung oder durch Verschmutzungen. Zur Erkennung von solchen Abweichungen zwischen Sollwertpositionen und Istwertpositionen kann entlang der Bewegungsstrecke der Verdrängerkörper 8-1 oder 8-2 oder entlang eines mit ihnen bewegungs- fest verbundenen Elementes, vorzugsweise des Antriebskolbens 12, mit Abstand von dessen Endstellungen, ein Sensor S5 an einer Position P5 angeordnet sein, welche der Pumpensteuereinrichtung 68 ein Signal liefert, wenn sich das betreffende Element, in der bevorzugten Ausführungsform der Antriebskolben 12 in der Position P5 des Kontrollensors S5 befindet. Durch Vergleich des Zeitpunktes des Kontrollsignals des Kontrollensors S5 mit dem Zeitpunkt des Steuersignals zum Umschalten der Bewegungsrichtung des Antriebskolbens 12 kann die Pumpenantriebssteuereinrichtung 68 errechnen, ob der Antriebskolben 12 den Kontrollsensor S5 in einer vorbestimmten Zeitdauer erreicht hat (oder mit einer vorbestimmten Geschwindigkeit), welche erforderlich ist, damit er auch rechtzeitig seine Endposition erreicht. Bei Abweichungen um einen vorbestimmten Wert kann die Pumpensteuereinrichtung 68 ein Defektsignal (oder Warnsignal) erzeugen.

[0064] Fig. 4 zeigt zusätzlich zum Kontrollsensor S5 einen weiteren Kontrollsensor S6 an einer Position P6 im Abstand in Bewegungsrichtung des Antriebskolbens 12 von dem einen Kontrollsensor S5 und auch im Abstand von den beiden Endpositionen des Antriebskolbens 12, zur Erzeugung eines Kontrollsignals in der Pumpensteuereinrichtung 68 jeweils dann, wenn sich der Antriebskolben 12 gegenüber einem dieser beiden Kontrollsensoren S5 oder S6 befindet. Bei dieser Ausführungsform der Erfindung kann die Pumpensteuereinrichtung 68 durch Vergleichen der Zeitdifferenz zwischen dem Erzeugen der beiden Kontrollsignale der beiden Kontrollsensoren S5 und S6 mit einer Sollzeitdauer ermitteln, ob die Verdrängerkörper 8-1, 8-2 innerhalb der Taktzeit jeweils ihre vorbestimmte Endposition erreichen. Auch bei dieser Ausführungsform kann anhand der Zeitdifferenz die Geschwindigkeit des Antriebskolbens 12 oder der Verdrängerkörper 4-1, 4-2 von der Pumpensteuereinrichtung errechnet und mit einer Sollgeschwindigkeit verglichen werden. Bei Abweichungen zwischen Sollzeit und Istzeit oder zwischen

Sollgeschwindigkeit und Istgeschwindigkeit, und damit auch zwischen Abweichungen von der vorbestimmten Endposition und der tatsächlich erreichten Endposition des Antriebskolbens 12 bei seiner Bewegungsumkehrung, um einen bestimmten Abweichungs-Wert, kann die Pumpensteuereinrichtung 68 ein Defektsignal erzeugen.

[0065] Das Defektsignal kann für verschiedene Zwecke verwendet werden, beispielsweise zur optischen und/oder akustischen Anzeige des Defekts oder zur Speicherung des Defektwertes im Speicher eines Rechners für Diagnosezwecke.

[0066] Gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung kann das Defektsignal dazu verwendet werden, in Abhängigkeit von der Differenz zwischen Sollzeit (oder -geschwindigkeit) und Istzeit (oder -geschwindigkeit) des Antriebskolbens 12 das Umschaltventil 30 entsprechend so anzusteuern, dass die veränderte Geschwindigkeit des Antriebskolbens 12 durch eine Änderung seiner Hubfrequenz kompensiert wird, so dass die Pulvervolumenförderung der Pumpeneinrichtung innerhalb eines vorbestimmten Toleranzbereiches konstant bleibt.

[0067] Die Ausführungsform von Fig. 4 ist identisch mit der von Fig. 1 und 2, mit der Ausnahme, dass die Pumpensteuereinrichtung 68 den Taktzeitgeber 80 enthält und die Sensoren S1, S2, S3 und S4 durch den Kontrollsensor S5 oder durch die beiden Kontrollsensoren S5 und S6 ersetzt sind. Gleiche Teile haben jeweils die gleichen Bezugszahlen.

[0068] Die mit Bezug auf Fig. 4 beschriebenen Ausführungsformen der Erfindung sind auch auf Ausführungsformen anwendbar, welche nicht wie die Figuren 1, 2 und 4 Membranen, sondern Kolben gemäß Fig. 3 als Verdrängerkörper 8-1 bzw. 8-2 haben.

[0069] Gemäß bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung kann die Taktzeit und/oder die Verzögerungszeit variabel einstellbar sein. Gemäß besonders bevorzugter Ausführungsform der Erfindung wird, um eine gewünschte Änderung der Pulverfördermenge pro Zeiteinheit einzustellen, die Taktzeit konstant gehalten und es ist die Verzögerungszeitdauer variabel einstellbar, um die gewünschte Pulverfördermenge pro Zeiteinheit einzustellen. Die Verzögerungszeitdauer ist hier die Zeitdauer, um welche das Fördern des Pulvers aus der betreffenden Dosierkammer 4-1 oder 4-2 verzögert gestartet wird, nachdem die betreffende Taktzeit abgelaufen ist, bei welcher der Verdrängerkörper 8-1 bzw. 8-2 von Druckhub auf Saughub umgeschaltet wurde.

[0070] Die Figuren 5 bis 8 zeigen eine weitere Ausführungsform der Erfindung, gemäß welcher die Pulvereinlassventile 38-1 und 38-2 und/oder die Pulverauslassventile 42-1 und 42-2 selbsttätig funktionierende Einwegventile nach Art eines Entenschnabels (duck bill valve) sind, welche in Durchlassrichtung von dem Druck des Druckgases selbsttätig geöffnet und in Sperrrichtung von dem Druck des Druckgases und/oder durch eigene Material-Federelastizität selbsttätig geschlos-

sen werden. Ein solches Einwegventil ist in den Figuren 5 bis 8 mit der Bezugszahl 38/42 bezeichnet. Es besteht aus einem einstückigen Körper aus federelastischem Material, beispielsweise Gummi. Es enthält einen zylindrischen Teil 82 mit einem radial nach außen ringförmig abstehenden Flansch 84 am einen Ende und mit einem entschnabelartig verjüngten Schlauchteil 86 am anderen Ende.

**[0071]** Wenn in beiden Strömungsrichtungen keine Differenzdruck auf das Einwegventil wirkt, ist es gemäß dem Längsschnitt von Fig. 5 und der Vorderansicht auf die Ventilspitze von Fig. 6 geschlossen durch seine eigene Material-Federelastizität. Die Ventilschließkraft wird verstärkt, wenn Druckgas 88 in Ventilsperrrichtung auf das Einwegventil wirkt entsprechend Fig. 5.

**[0072]** Wenn das Einwegventil 38/42 in Durchlassrichtung von Druckgas 90 beaufschlagt wird, drückt dieses Druckgas 90 die beiden Entenschnabelteile 86-1 und 86-2 auseinander, so dass das Ventil öffnet. Diese Offenstellung des Einwegventils ist in Fig. 7 im Längsschnitt und in Fig. 8 in Vorderansicht entgegen der Durchlassrichtung gezeigt.

**[0073]** Fig. 9 zeigt das Einwegventil 38/42 in Seitenansicht relativ zu den Figuren 5 und 7 um 90° gedreht.

**[0074]** Bei allen Ausführungsformen der Erfindung kann an den Bewegungsumkehrstellen (Totpunkten) der Verdrängerkörper 8-1, 8-2 eine Wartezeit vorgesehen sein, während welcher sich die Pumpeneinrichtung beruhigen kann, bevor die nächste Hubbewegung beginnt.

**[0075]** Die Beschreibung, Ansprüche und Zeichnungen beschreiben und zeigen bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung, ohne dass die Erfindung darauf beschränkt ist. Die Erfindung umfasst jedoch auch beliebige Kombinationen von mindestens zwei Merkmalen aus der Beschreibung, den Ansprüchen und/oder den Zeichnungen.

## Patentansprüche

1. Pumpeneinrichtung für Pulver (54), insbesondere für Beschichtungspulver, enthaltend mindestens eine Pulver-Pumpe (2-1,2-2), welche eine Dosierkammer (4-1,4-2) aufweist, die von einem Kammergehäuse (6-1,6-2) und einem Verdrängerkörper (8-1,8-2) begrenzt ist; welcher relativ zum Kammergehäuse während eines Druckhubes vor und während eines Saughubes zurück bewegbar ist, wobei die Pumpenkammer einen Pulvereinlasskanal (36-1,36-2), welchem ein Pulvereinlassventil (38-1,38-2) zugeordnet ist, einen Pulverauslasskanal (40-1,40-2), welchem ein Pulverauslassventil (42-1,42-2) zugeordnet ist, und einen Druckgaseinlasskanal (44-1,44-2), welchem ein Druckgaseinlassventil (46-1, 46-2) zugeordnet ist, aufweist, wobei zum Ansaugen einer dosierten Menge von Pulver (54) in die Dosierkammer (4-1,4-2) das Pulver-

einlassventil (38-1, 38-2) aufmachbar ist und das Pulverauslassventil (42-1,42-2) und das Druckgaseinlassventil (46-1,46-2) schließbar sind, so dass der sich in Saughubrichtung bewegend Verdrängerkörper Pulver (54) durch den Pulvereinlasskanal (36-1,36-2) in die Dosierkammer (4-1,4-2) saugen kann, und zum Fördern von der dosierten Pulvermenge aus der Dosierkammer (4-1, 4-2) das Pulvereinlassventil (38-1,38-2) schließbar ist und das Pulverauslassventil (42-1,42-2) und das Druckgaseinlassventil (46-1,46-2) aufmachbar sind, so dass von dem Druckgaseinlasskanal (44-1,44-2) in die Dosierkammer (4-1,4-2) strömendes Druckgas die dosierte Pulvermenge von der Dosierkammer (4-1,4-2) in den Pulverauslasskanal (40-1,40-2) drücken kann, und eine Pumpensteuereinrichtung (68) zur Steuerung des Druckgaseinlassventils (46-1, 46-2)

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** die Pumpensteuereinrichtung (68) eine Zeitsteuereinrichtung (74) aufweist, durch welche in Abhängigkeit von der seit einem vorbestimmten Betriebszeitpunkt vergangenen vorbestimmten Verzögerungszeitdauer das Fördern des Pulvers aus der Dosierkammer (4-1, 4-2) gestartet wird, wobei am Ende der Verzögerungszeitdauer das Druckgas in die Dosierkammer (4-1, 4-2) eingelassen und die bis zum Ende Verzögerungszeitdauer dosierte Pulvermenge mittels des Druckgases aus der Dosierkammer (4-1, 4-2) heraus gedrückt wird.

2. Pumpeneinrichtung nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** die Pumpensteuereinrichtung (68) einen Taktzeitgeber aufweist und jeweils nach Ablauf einer vorbestimmten Taktzeit Steuersignale an eine Umschalteneinrichtung (34) zur Umschaltung der Bewegung des Verdrängerkörpers (8-1, 8-2) von Saughub auf Druckhub, und umgekehrt von Druckhub auf Saughub, im Rhythmus der vorbestimmten Taktzeit sendet, und dass die Pumpensteuereinrichtung (68) ausgebildet ist, um an der Zeitsteuereinrichtung (74) die vorbestimmte Verzögerungszeitdauer jeweils in Abhängigkeit von dem Zeitpunkt des Entstehens desjenigen Steuersignals zu starten, welches den Start des Saughubes bewirkt, wobei am Ende der Verzögerungszeitdauer das Druckgas in die Dosierkammer (4-1, 4-2) eingelassen und die bis zum Ende Verzögerungszeitdauer dosierte Pulvermenge mittels des Druckgases aus der Dosierkammer (4-1, 4-2) heraus gedrückt wird.

3. Pumpeneinrichtung nach Anspruch 1 oder 2,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** mindestens ein Kontrollsensor (S5, S6) vorgesehen ist zur Erkennung, wann sich der Verdrängerkörper (8-1, 8-2) in einer vorbestimmten Position befindet, und zur Erzeugung eines Sensorsignals

- bei Erkennung, wenn sich der Verdrängerkörper in der vorbestimmten Position befindet, dass die Pumpensteuereinrichtung (68) mit dem mindestens einen Kontrollsensor funktionsmäßig verbunden ist, und dass die Pumpensteuereinrichtung (68) ausgebildet ist zum automatischen Vergleichen des Zeitpunktes des Sensorsignals mit dem Zeitpunkt von mindestens einem der Steuersignale zur Kontrolle, ob die Zeitdauer zwischen den beiden Zeitpunkten von einem vorbestimmten Wert abweicht, und zur Erzeugung eines Defektsignals, wenn eine vorbestimmte Abweichung von dem vorbestimmten Wert entsteht.
4. Pumpeneinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens zwei Kontrollsensoren (S5, S6) vorgesehen und mit der Pumpensteuereinrichtung (68) verbunden sind zur Erkennung, wann sich der Verdrängerkörper (8-1, 8-2) jeweils in einer von zwei verschiedenen vorbestimmten Positionen befindet und zur Erzeugung von Sensorsignalen bei Erkennung des Verdrängerkörpers in den vorbestimmten Positionen, und dass die Pumpensteuereinrichtung (168) ausgebildet ist zum Vergleichen der Zeitdifferenz zwischen den Signalen des einen Kontrollsensors und den Signalen des anderen Kontrollsensors mit einer vorbestimmten Zeitdauer, und zur Erzeugung eines Defektsignals dann, wenn die Zeitdifferenz von der vorbestimmten Zeitdauer um mehr als einen vorbestimmten Wert abweicht.
  5. Pumpeneinrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Pumpensteuereinrichtung (68) eine Zeitsteuereinrichtung (74) aufweist, um in Abhängigkeit von der seit einer vorbestimmten Saughubposition des Verdrängerkörpers (8-1,8-2) vergangenen vorbestimmten Verzögerungszeitdauer das Fördern des Pulvers aus der Dosierkammer zu starten, wobei am Ende der Verzögerungszeitdauer das Druckgas in die Dosierkammer (4-1,4-2) eingelassen und die bis zum Ende der Verzögerungszeitdauer dosierte Pulvermenge mittels des Druckgases aus der Dosierkammer (4-1,4-2) heraus gedrückt wird.
  6. Pumpeneinrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vorbestimmte Saughubposition eine Saughubanfangsposition ist.
  7. Pumpeneinrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vorbestimmte Saughubposition zwischen einer Saughubanfangsposition und einer Saughubendposition liegt.
  8. Pumpeneinrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vorbestimmte Saughubposition zwischen einer Saughubanfangsposition und einer Saughubendposition näher bei der Saughubanfangsposition als bei der Saughubendposition liegt.
  9. Pumpeneinrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zeitsteuereinrichtung (74) mindestens einen Sensor (S1,S4;S2,S3) zur Erzeugung eines Signals aufweist, wenn sich der Verdrängerkörper (8-1, 8-2) in der vorbestimmten Saughubposition befindet.
  10. Pumpeneinrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Pumpensteuereinrichtung (68) vorgesehen ist, durch welche die Umschaltungen der Bewegungen des Verdrängerkörpers (8-1,8-2) von Saughub auf Druckhub, und umgekehrt, in Abhängigkeit von Signalen von Sensoren (S1,S4) erfolgt, welche jeweils ein Signal erzeugen, wenn sich der Verdrängerkörper (8-1,8-2) längs der Hubstrecke an der einen oder der anderen von zwei vorbestimmten Bewegungsumkehrpositionen befindet.
  11. Pumpeneinrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bewegungsstrecke des Verdrängerkörpers (8-1,8-2) bei allen Hubbewegungen konstant gleich groß ist.
  12. Pumpeneinrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass an mindestens einem der Bewegungsumkehr-Todpunkte des Verdrängerkörpers (8-1, 8-2) eine zweite Zeitverzögerungsdauer vorgesehen ist, bevor der Verdrängerkörper (8-1, 8-2) nach der einen Bewegungsrichtung in die betreffende andere Bewegungsrichtung bewegt wird.
  13. Pumpeneinrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verzögerungszeitdauer variabel einstellbar ist.
  14. Pumpeneinrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verdrängerkörper (8-1,8-2) eine flexible Membran ist.

15. Pumpeneinrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** das Pulvereinlassventil (38-1,38-2) und das Pulverauslassventil (42-1, 42-2) selbsttätige Ventile sind, welche durch Differenzdruck zwischen ihren beiden Ventileiten selbsttätig öffnen bzw. schließen.
16. Pumpeneinrichtung nach Anspruch 15,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** das Pulvereinlassventil (38-1,38-2) und das Pulverauslassventil (42-1, 42-2) selbsttätige Ventile sind, welche nach Art eines Rückschlagventils durch Differenzgasdruck über ihrem Ventilkörper (38-3,42-3) betätigbar sind, wobei der Ventilkörper (38-3,42-3) in Abhängigkeit von diesem Differenzgasdruck relativ zu einem Ventilsitz (38-4,42-4) in Offenstellung oder in Schließstellung bewegbar ist und in der betreffenden Stellung haltbar ist.
17. Pumpeneinrichtung nach Anspruch 15,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** das Pulvereinlassventil (38-1,38-2) und das Pulverauslassventil (42-1, 42-2) selbsttätige Ventile nach Art eines Entenschnabels sind, dessen Entenschnabel durch Druckdifferenz zwischen Entenschnabelinnenseite und Entenschnabelaußenseite selbsttätig öffnet bzw. schließt.
18. Pumpeneinrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** mindestens zwei der genannten Pulver-Pumpen (2-1,2-2) vorgesehen sind, deren Pulvereinlasskanäle (36-1,36-2) mit einer Pulverquelle verbindbar oder verbunden sind und deren Pulverauslasskanäle (40-1,40-2) mit einer gemeinsamen Pulverabgabeöffnung (48) verbindbar oder verbunden sind, und dass die beiden Pulver-Pumpen (2-1,2-2) relativ zueinander gegenläufig betreibbar sind, so dass wechselweise von der Dosierkammer (4-1) der einen Pulver-Pumpe (2-1) oder der Dosierkammer (4-2) der anderen Pulver-Pumpe (2-2) eine dosierte Pulvermenge mittels des Druckgases in den Pulverauslasskanal (40-1,40-2) ausstoßbar ist, und entgegengesetzt wechselweise Pulver durch die Pulvereinlasskanäle (36-1,36-2) in die andere oder die eine Dosierkammer (4-1,4-2) einsaugbar ist.
19. Pumpeneinrichtung nach Anspruch 18,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Verdrängerkörper (8-1,8-2) der beiden Pumpen einen gemeinsamen Antrieb (10) haben.
20. Pulverbeschichtungseinrichtung,  
**gekennzeichnet durch**  
eine Pumpeneinrichtung nach mindestens einem

der vorhergehenden Ansprüche zur Förderung von Beschichtungspulver.

21. Verfahren zur Förderung von Pulver (54), insbesondere Beschichtungspulver, bei welchem durch Vergrößern des Volumens einer Dosierkammer (4-1,4-2) Pulver (54) von einer Pulverquelle in die Dosierkammer (4-1,4-2) eingesaugt und anschließend mittels Druckgas die dosierte Pulvermenge aus der Dosierkammer (4-1,4-2) heraus gedrückt wird, wonach das Volumen der Dosierkammer (4-1,4-2) verkleinert wird, und dann der Zyklus periodisch wiederholt wird,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** mittels Sensoren (S1,S4;S2,S3) eine vorbestimmte Phase der periodisch erfolgenden Volumenänderung der Dosierkammer (4-1,4-2) ermittelt wird und  
**dass** mit einer vorbestimmten Zeitverzögerung nach dem Erreichen der vorbestimmten Phase mittels des Druckgases die bis dahin dosierte Pulvermenge aus der Dosierkammer (4-1,4-2) heraus gedrückt wird.
22. Verfahren nach Anspruch 21,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** in einem Pulvereinlasskanal (36-1,36-2) in die Dosierkammer (4-1,4-2), und in einem Pulverauslasskanal (40-1,40-2) aus der Dosierkammer (4-1,4-2), je mindestens ein Ventil in dem betreffenden Weg verwendet wird, welches in Abhängigkeit von der jeweiligen Gasdruckdifferenz zwischen seiner stromaufwärtigen Seite und seiner stromabwärtigen Seite nach Art eines Rückschlagventiles selbstständig auf und zu macht
23. Verfahren zur Förderung von Pulver (54), insbesondere Beschichtungspulver, bei welchem durch Vergrößern des Volumens von mindestens einer Dosierkammer (4-1, 4-2) Pulver (54) von einer Pulverquelle in die Dosierkammer (4-1, 4-2) eingesaugt und anschließend mittels Druckgas die dosierte Pulvermenge aus der Dosierkammer (4-1, 4-2) herausgedrückt wird, wonach das Volumen der Dosierkammer (4-1, 4-2) verkleinert wird, und dann der Zyklus periodisch wiederholt wird,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Volumenänderungen der mindestens einen Dosierkammer (4-1, 4-2) durch einen vorbestimmten Taktzeit gesteuert werden, dass jeweils nach Ablauf der vorbestimmten Taktzeit mindestens ein Steuersignal erzeugt wird, dass durch dieses mindestens eine Steuersignal die Richtung der Volumenänderung von Vergrößern auf Verkleinern, bzw. von Verkleinern auf Vergrößern, umgekehrt wird, und gleichzeitig eine vorbestimmte Zeitverzögerung gestartet wird, und dass erst bei Ablauf der vorbestimmten Zeitverzögerung mittels des Druck-

gases die dosierte Pulvermenge aus der Dosierkammer herausgedrückt wird.

24. Verfahren nach Anspruch 23,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Volumenänderungen der mindestens einen Dosierkammer (4-1, 4-2) durch einen Verdrängerkörper (8-1, 8-2) bewirkt werden, dass mittels mindestens eines Kontrollsensors (S5, S6) die Präsenz des Verdrängerkörpers in einer vorbestimmten Position ermittelt wird und dabei ein Kontrollsignal bei Erkennung des Verdrängerkörpers in der vorbestimmten Position erzeugt wird, und dass die Zeitdifferenz zwischen dem Zeitpunkt des Steuerungssignals und dem Zeitpunkt des mindestens einen Steuerungssignals mit einer vorbestimmten Zeitdauer verglichen wird, welche die Zeitdifferenz haben würde, wenn der Verdrängerkörper innerhalb jeder Taktzeit eine vorbestimmte Wegstrecke zurücklegen würde, und dass ein Defektsignal erzeugt wird, wenn der Unterschied zwischen der Zeitdifferenz und der vorbestimmten Zeitdauer einen vorbestimmten Wert übersteigt.
25. Verfahren nach Anspruch 23,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Volumenänderungen der mindestens einen Dosierkammer durch einen Verdrängerkörper (8-1, 8-2) bewirkt wird, dass mit mindestens zwei Kontrollsensoren (S5, S6), welche entlang einer der maximalen Bewegungsstrecke des Verdrängerkörpers entsprechenden Strecke mit Abstand voneinander angeordnet sind, Kontrollsignale erzeugt werden, wenn der Verdrängerkörper in einer der Sensorposition entsprechenden Position ist, dass die Zeitdifferenz zwischen den Kontrollsignalen des einen Kontrollsensors zu den Kontrollsignalen des anderen Kontrollsensors mit einer vorbestimmten Zeitdauer verglichen wird, welche die Zeitdifferenz betragen würde, wenn sich der Verdrängerkörper innerhalb der Taktzeit eine vorbestimmte Soll-Bewegungsstrecke bewegen würde, und dass jeweils mindestens dann ein Defektsignal erzeugt wird, wenn die Zeitdifferenz von der vorbestimmten Zeitdauer um mehr als einen vorbestimmten Wert abweicht.
26. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 25,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** zwei von den Dosierkammern (4-1, 4-2) gleichzeitig, jedoch phasenverschoben zueinander bezüglich ihres Volumens verändert werden, wobei das Volumen der einen Dosierkammer vergrößert wird, während das Volumen der anderen Dosierkammer verkleinert wird, und umgekehrt.

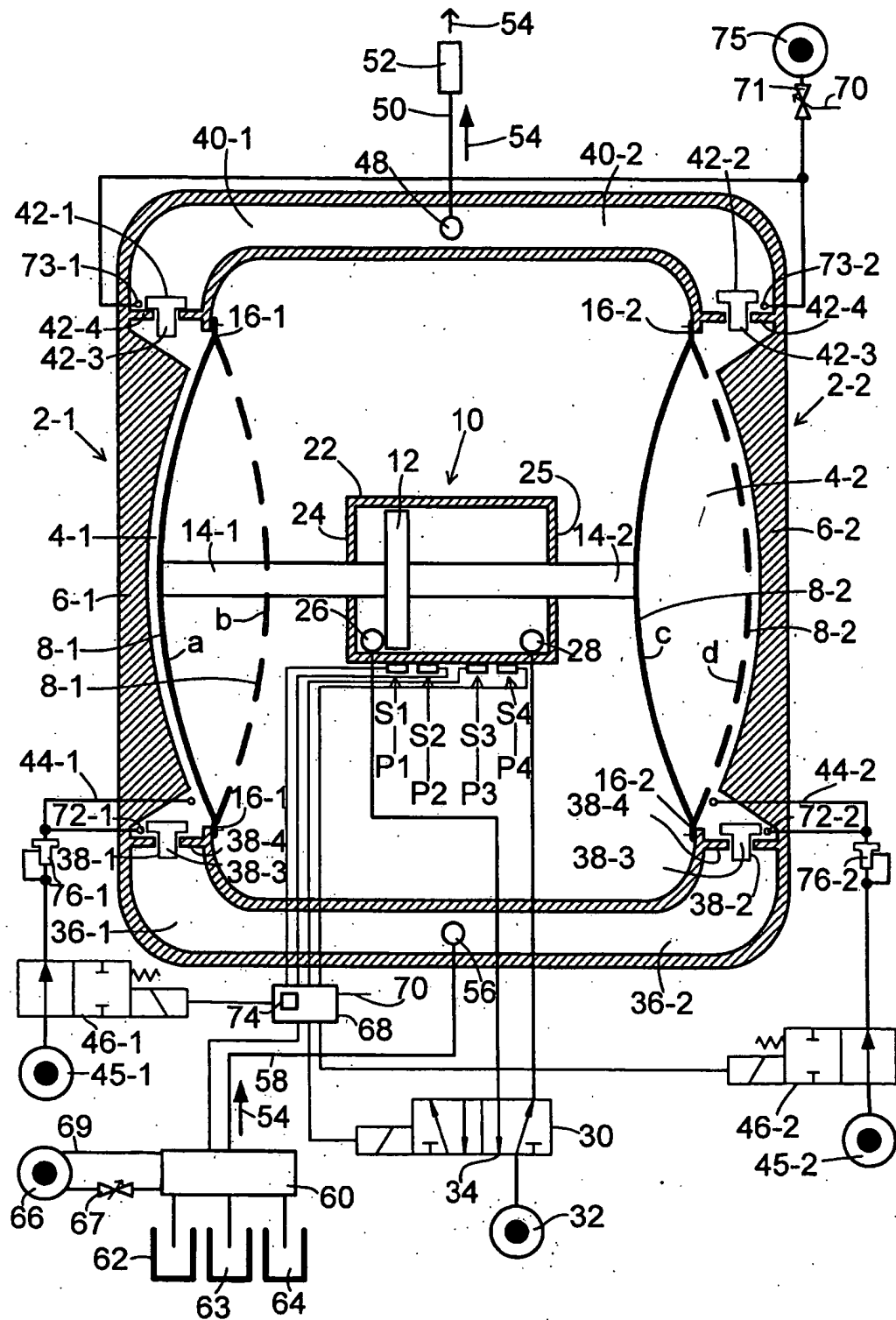


Fig. 1

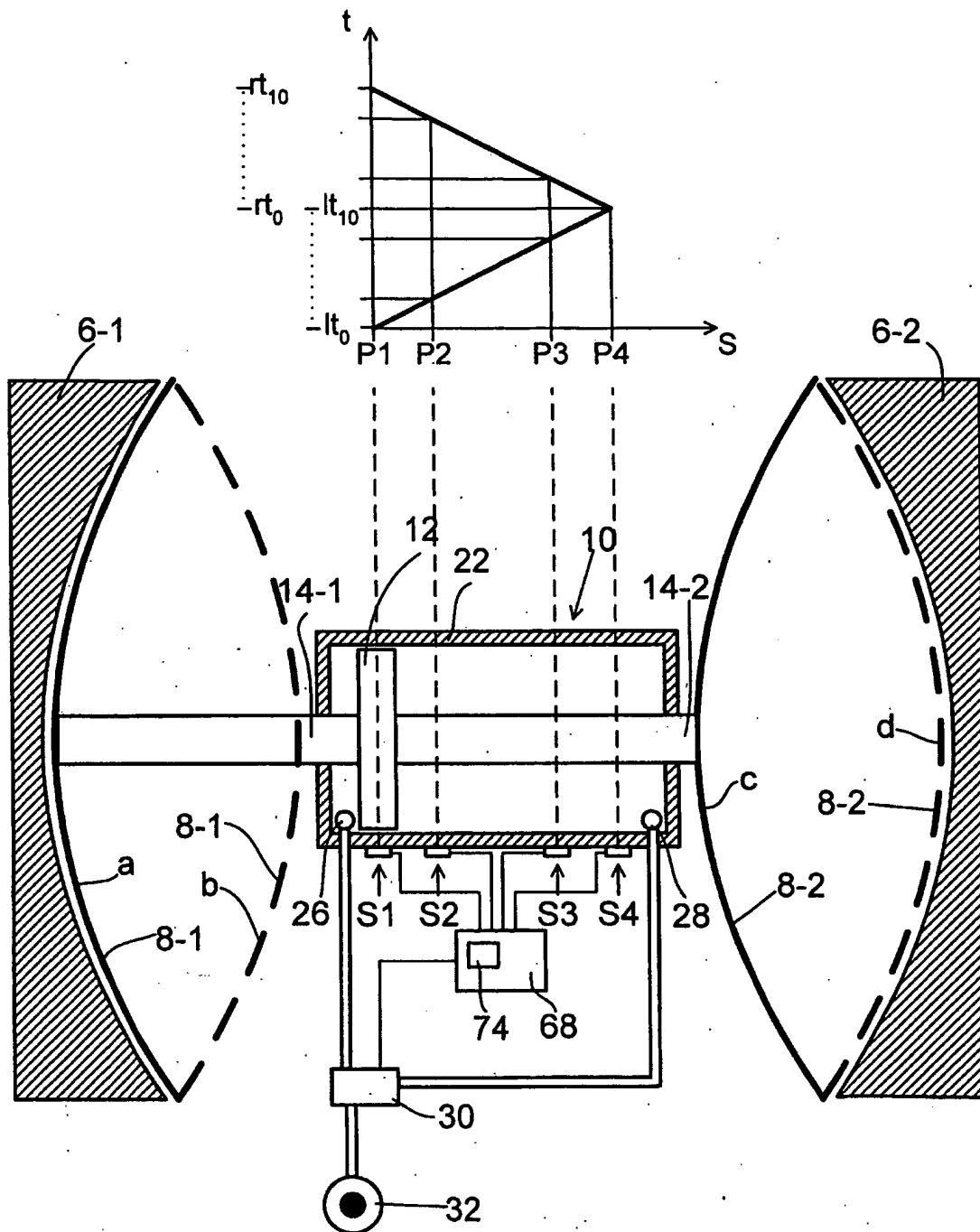


Fig. 2



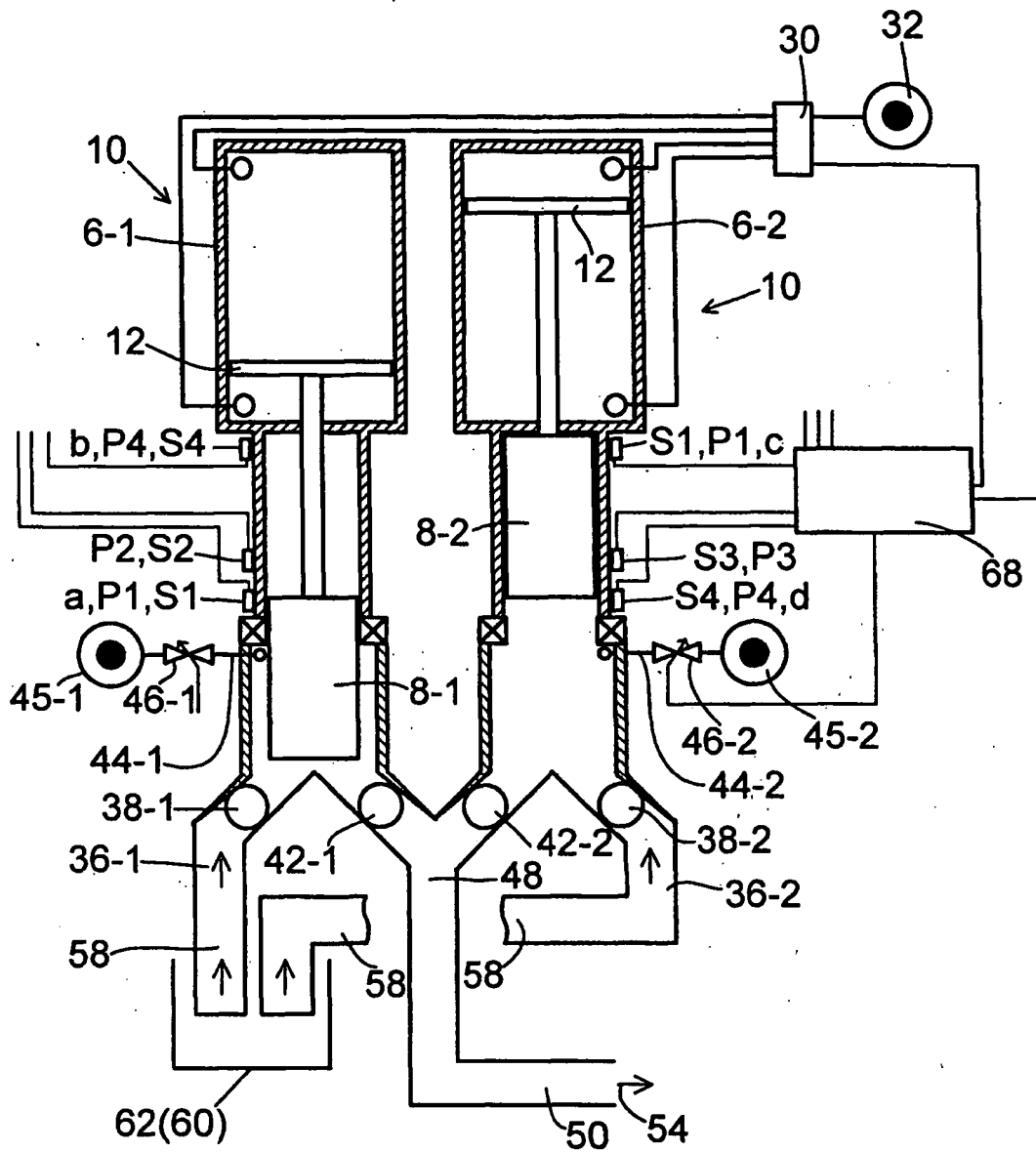


Fig. 3

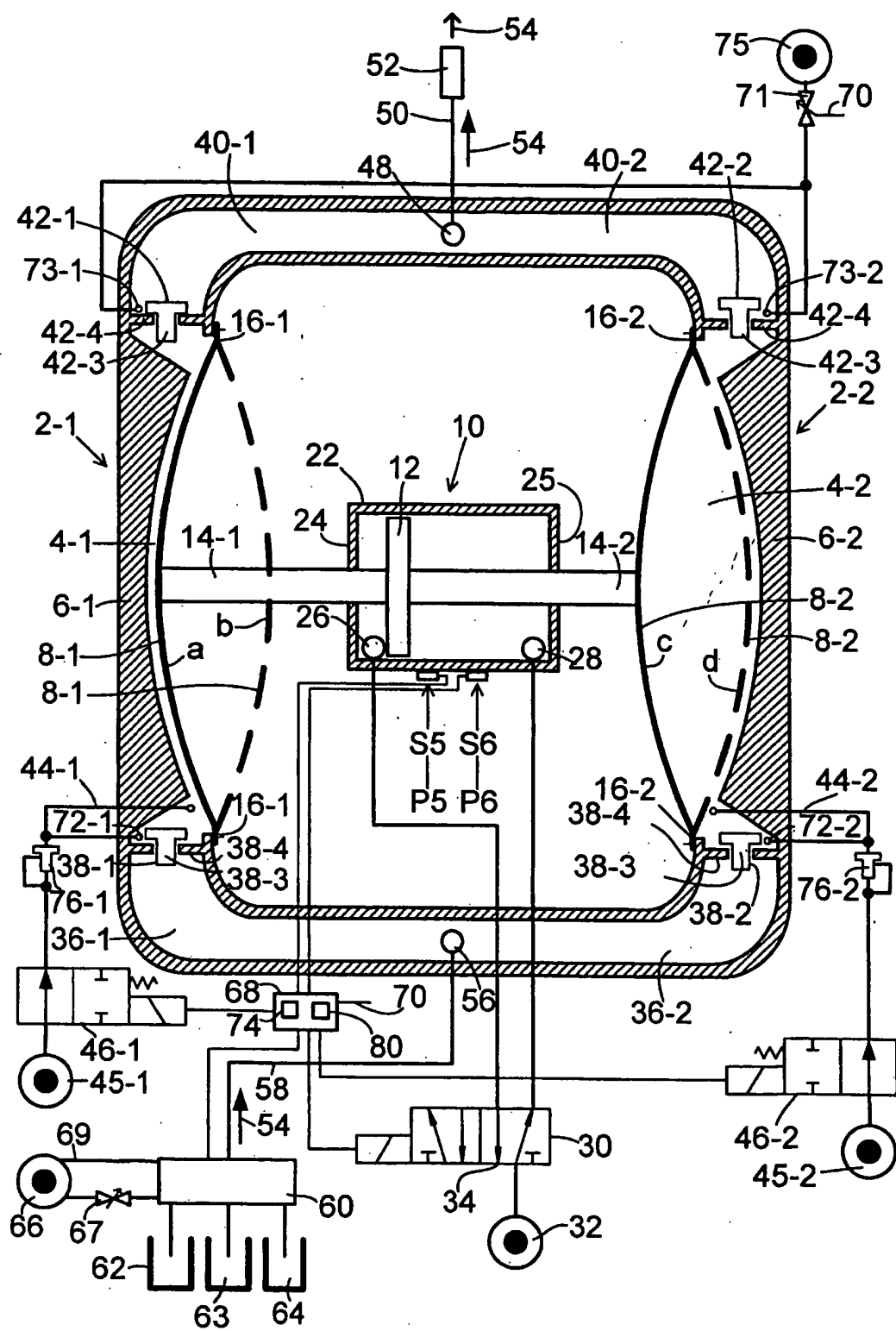


Fig. 4

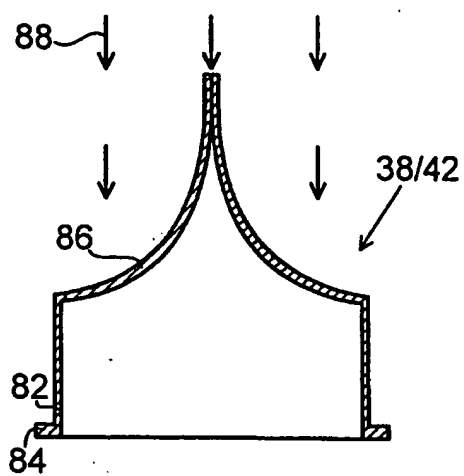


Fig. 5

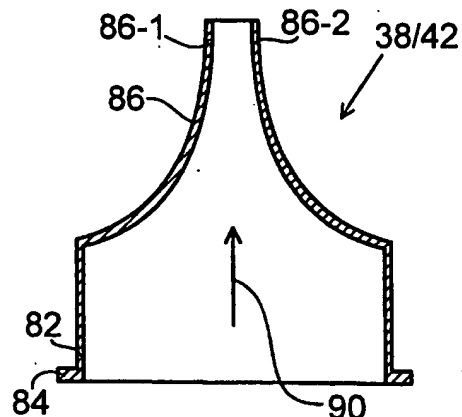


Fig. 7

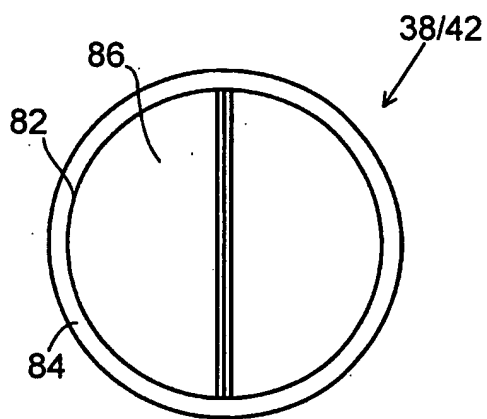


Fig. 6

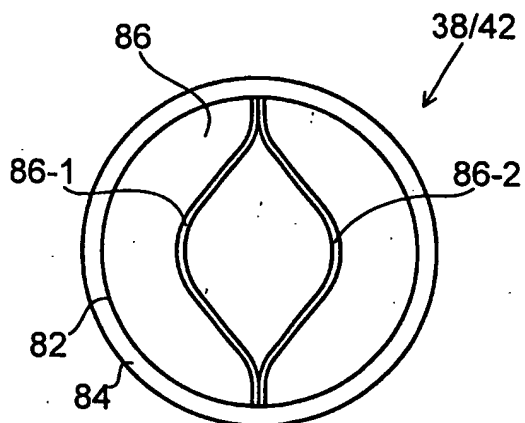


Fig. 8

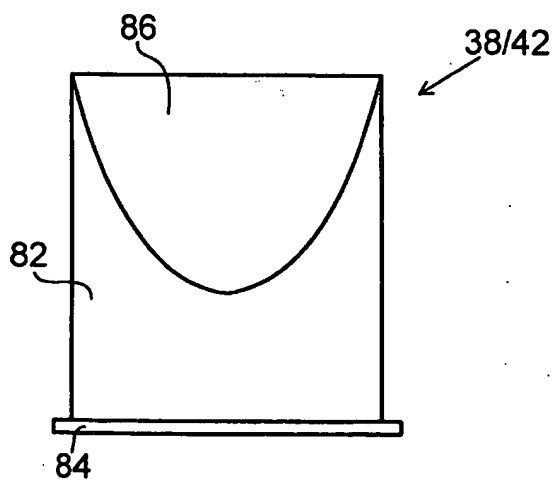


Fig. 9

TRANSLATION (F-7255):

(19) European Patent Office

(11) Document No.: EP 1 437 178 A2

(12) **EUROPEAN PATENT APPLICATION**

(43) Publication Date of Unexamined  
Document on Which No Grant Has  
Taken Place:

July 14, 2004; *Patentblatt* 2004/29

(51) Intl. Cl.<sup>7</sup>:

B 05 B 7/14

(21) Application No.:

03/014,661.7

(22) Application Date:

June 27, 2003

---

(30) Convention Priority Data:

January 8, 2003; DE 103 00 280

(84) Designated States:

AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,  
FR, GB, GR, HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, RO,  
SE, SI, SK, and TR

Designated Extension States:

AL LT LV MK

(71) Applicant:

ITW Gema AG  
9015 St. Gallen (CH)

(72) Inventor:

SANWALD, Marco  
9015 St. Gallen (CH)

(74) Attorney:

Vetter, Ewald Otto et al.  
Meissner, Bolte & Partner  
Anwaltssozietät GbR  
Postfach 10 26 05  
86016 Augsburg (DE)

---

(54) Title of the Invention:

PUMPING DEVICE FOR POWDERS, METHOD FOR PUMPING POWDERS,  
AND POWDER COATING INSTALLATION

(57) Abstract:

Pumping device for powders, especially for coating powders, and powder coating installation. A timing device (74) is provided, by which, as a function of the predetermined time delay that has elapsed since a predetermined operating time, compressed gas is admitted into a metering chamber, and an amount of powder introduced into the metering chamber by the end of the time delay is discharged by this compressed gas.

S P E C I F I C A T I O N

[0001] The invention concerns a pumping device for powders, especially for coating powders, in accordance with the introductory clause of Claim 1, a method for pumping powders, and a powder coating installation, which has at least one pumping device of this type.

[0002] Accordingly, the invention concerns a pumping device for powders, especially coating powders, which contains at least one powder pump, which has a metering chamber, which is bounded by a chamber housing and a displacement element, which can be moved forward relative to the chamber housing during a pressure stroke and back during an intake stroke, wherein the pump chamber has a powder intake port, to which a powder intake valve is assigned, a powder discharge port, to which a powder discharge valve is assigned, and a compressed gas intake port, to which a compressed gas intake valve is assigned, and wherein, to allow the intake of a metered amount of powder into the metering chamber, the powder intake valve can be opened, and the powder discharge valve and the compressed gas intake valve can be closed, so that the displacement element moving in the direction of the intake stroke can draw powder into the metering chamber through the powder intake port, and to convey the metered amount of powder out of the metering chamber, the powder intake valve can be closed, and the

powder discharge valve and the compressed gas intake valve can be opened, so that compressed air flowing from the compressed air intake port into the metering chamber can force the metered amount of powder out of the metering chamber and into the powder discharge port.

[0003] A pumping device of this type is known from EP 0 124 933 A. Pumping devices are also known from EP 1 106 547 A, DE 39 00 718 A, DE 1 087 520 A, US 2,667,280, and US 3,391,963.

[0004] A practical pumping device is known, which has two pumps, each of which has a powder intake piston and a pneumatic cylinder that drives it. The two pumps operate in opposite directions, so that while one is carrying out an intake stroke, the other is carrying out a pressure stroke. During the intake stroke, the given powder intake piston draws powder into its metering chamber from a powder source. At the end of the intake stroke, compressed air introduced into the metering chamber discharges the metered amount of powder from the metering chamber and into a powder delivery line. The piston then returns to its starting position during a pressure stroke and repeats the cycle by drawing powder from the powder source during an intake stroke. The amount of powder delivered per unit time depends on the frequency with which the pistons move back and forth. A pumping device of this type was described in WO 03/024,612 A1 only after the priority date of the present new patent application.

[0005] So-called injectors are also known, in which a stream of delivery air flows by the venturi principle from a discharge nozzle into a receiving nozzle, and an underpressure is produced in the space between them, by which coating powder is drawn from a powder source into the stream of delivery air. Compared to the piston pumps described above, injectors of this type have the disadvantages that the powder particles have an abrasive effect on the receiving nozzle and that, as a result, the efficiency of powder delivery declines in the course of time:

Pneumatic powder delivery of this type requires a large amount of compressed air per unit time.

[0006] The aforementioned piston pumps do not have these disadvantages. However, piston pumps have the disadvantage that they deliver the powder discontinuously in strokes, and a high frequency of piston motion is necessary both for more uniform delivery of powder and for delivery of larger amounts of powder per unit time. However, the level of piston frequency is limited by the control speed at which the valves in the flow channels of the pump can be controlled. Furthermore, it is necessary to ensure that powder particles are not crushed, sintered or otherwise caused to adhere in the pumps and in their flow channels and also that no spaces, recesses or the like are present in which powder can accumulate.

[0007] The objective of the invention is to design a pumping device that has at least one volume displacement element in such a way that a well-defined and, when desired, large amount of powder can be delivered per unit time without the occurrence of the disadvantages mentioned above. In particular, it is desired that high process reliability and stability of the amount of powder delivered per unit time (constant powder rate for a well-defined configuration and well-defined setting of the pumping device) be achieved over a long operating life.

[0008] In accordance with the invention, this objective is achieved by the features of Claim 1 and the other independent claims.

[0009] Additional features of the invention are specified in the dependent claims.

[0010] Accordingly, the pumping device of the invention is characterized by the fact that a timing device is provided, by which, as a function of the predetermined time delay that has elapsed since a predetermined operating situation, the delivery of the powder from the metering chamber is started by admitting compressed air into the metering chamber, and the amount of powder metered by the end of the time delay is forced out of the metering chamber by the

compressed air.

[0011] Furthermore, the invention specifies a powder spray coating installation that has at least one pumping device of this type.

[0012] The invention also discloses methods for delivering powder, especially coating powder.

[0013] The invention is described below with reference to the examples of preferred embodiments that are illustrated in the drawings.

-- Figure 1 shows a schematic drawing, partially in cross section, of a twin pumping device in accordance with the invention.

-- Figure 2 shows a schematic drawing of parts of Figure 1, together with a functional diagram, for explaining the invention.

-- Figure 3 shows a schematic drawing, partially in cross section, of another embodiment of a twin pumping device in accordance with the invention.

-- Figure 4 shows a schematic drawing, partially in cross section, of another embodiment of a twin pumping device in accordance with the invention.

-- Figure 5 shows a longitudinal section through a one-way duckbill valve in the closed position, which can be used as a powder intake valve and/or powder discharge valve in all of the embodiments of pumping devices in accordance with the invention.

-- Figure 6 shows a front view of the one-way valve of Figure 5 against the forward direction.

-- Figure 7 shows a longitudinal section through the one-way valve in the open position.

-- Figure 8 shows a front view, viewed against the forward direction, of the one-way valve of Figure 7 in the open position.



-- Figure 9 shows a side view of the one-way valve of Figures 5 to 8, turned 90° about the longitudinal axis relative to Figures 5 and 7.

[0014] Figure 1 shows a pumping device of the invention for powders, especially coating powders, which has two powder pumps 2-1 and 2-2, each of which contains a metering chamber 4-1 and 4-2, respectively, which is bounded by a chamber housing 6-1 and 6-2, respectively, and a displacement element in the form of a flexible diaphragm 8-1 and 8-2, respectively.

[0015] The two diaphragms 8-1 and 8-2 have a common drive 10 installed between them. The drive 10 can be a mechanical, hydraulic, electric or, as shown in Figure 1, pneumatic drive. The pneumatic drive shown in Figure 1 contains a drive piston 12, which can be displaced transversely to the diaphragms 8-1 and 8-2. Piston rods 14-1 and 14-2, respectively, extend away from the drive piston, and their far ends from the drive piston 12 are connected with one of the diaphragms 8-1 or 8-2, respectively, so that each of the two diaphragms moves together with the drive piston 12. Each of the piston rods 14-1 and 14-2 acts in the center of the corresponding diaphragm 8-1 and 8-2, each of which moves together with the drive piston 12 in the axial direction of the piston. The peripheral edges 16-1 and 16-2, respectively, of the diaphragms are attached to a part of the chamber housing 6-1 and 6-2, respectively, and cannot move transversely to the diaphragm with the center of the diaphragm together with the drive piston 12. When we are discussing the stroke motions of the diaphragm as part of this description, we are referring to the area of the diaphragm that is connected with the drive piston 12 for the purpose of achieving common motion and not to the peripheral edges 16-1 and 16-2 of the diaphragms that are attached to the chamber housing.

[0016] The chamber housings 6-1 and 6-2 of the two powder pumps 2-1 and 2-2 are preferably sections of a common housing part or housing, which is shown in cross section in

Figure 1.

[0017] The diaphragms 8-1 and 8-2 (except for their peripheral edges 16-1 and 16-2) can be moved forward during a pressure stroke and back during an intake stroke by means of the common drive 10. In Figure 1, the diaphragm 8-1 shown on the left side is located in a terminal position “a”, which is the terminal position of the pressure stroke and the starting position of the intake stroke. The corresponding metering chamber 4-1 has its smallest volume at this point. In this position, the diaphragm 8-1 preferably does not completely rest against the chamber housing 6-1 but rather is located a small distance from it, so that powder particles cannot be crushed between the diaphragm 8-1 and the chamber housing 6-1. The same is true for the diaphragm 8-2 shown on the right side in Figure 1 when it is in its terminal position “d”, which is the terminal position of its pressure stroke and the starting position of its intake stroke. However, Figure 1 shows the right diaphragm 8-2 in a left terminal position “c”, which is the terminal position of its intake stroke and the starting position of its pressure stroke. The two diaphragms 8-1 and 8-2 are moved together to the left or right by the drive piston 12, so that the left diaphragm 8-1 is carrying out its pressure stroke when the right diaphragm 8-2 is carrying out its intake stroke, and vice versa.

[0018] The drive piston 12 is located in a cylinder 22, which has a compressed air port 26 and 28 on either side of the drive piston 12 near the cylinder end walls 24 and 25, respectively. The compressed air ports 26 and 28 can be alternately connected by a switching valve 30 with a compressed air source 32 or a vent 34 for venting to the outside atmosphere. The compressed air port 28 shown on the right in Figure 1 is connected with the compressed air source 32, so that its compressed air has pushed the drive piston 12 into the position on the left in Figure 1, while the compressed air port 26 shown on the left in Figure 1 is connected with the

vent 34 of the switching valve 30. The switching valve 30 can be switched, so that after the switching, the compressed air port 28 shown on the right is connected with the vent 34, and the compressed air port 26 shown on the left is connected with the compressed air source 32. When the switching valve 30 is in this reversed position, which is not shown in Figure 1, the compressed air pushes the drive piston 12, together with the two diaphragms 8-1 and 8-2, from left to right. When this occurs, the left diaphragm 8-1 is moved from its intake stroke starting position (pressure stroke terminal position) “a” to its intake stroke terminal position (pressure stroke starting position) “b”. Simultaneously, the right diaphragm 8-2 is moved from its intake stroke terminal position (pressure stroke starting position) “c” to its intake stroke starting position (pressure stroke terminal position) “d”. The two diaphragms 8-1 and 8-2 are schematically represented in their left terminal position by a solid line and in their right terminal position by a broken line.

[0019] Each metering chamber 4-1 and 4-2 has a powder intake port 36-1 and 36-2, respectively, to which a powder intake valve 38-1 and 38-2, respectively is assigned; a powder discharge port 40-1 and 40-2, to which a powder discharge valve 42-1 and 42-2, respectively, is assigned; and a compressed gas intake port 44-1 and 44-2, to which a compressed gas intake valve 46-1 and 46-2, respectively, is assigned.

[0020] To draw a metered amount of powder into the metering chamber 4-1, which is shown on the left in Figure 1, the left powder intake valve 38-1 can be opened, and the left powder discharge valve 42-1 and the left compressed gas intake valve 46-1 can be closed, so that the left diaphragm 8-1, by moving in the direction of the intake stroke from the intake stroke starting position “a” to the intake stroke terminal position “b”, can draw powder into the left metering chamber 4-1 through the left powder intake port 36-1. To convey the metered amount

of powder out of the left metering chamber 4-1 and into the left powder discharge port 40-1, the left powder intake valve 38-1 can be closed, and the left powder discharge valve 42-1 and the left compressed gas intake valve 46-1 can be opened, so that compressed gas, e.g., compressed air, from a compressed gas source 45-1, e.g., a compressed air source, can flow through the left compressed gas intake port 44-1 into the left metering chamber 4-1 and force the metered amount of powder out of the metering chamber 4-1 and into the left powder discharge port 40-1. Subsequent to or during this discharge of the powder from the left metering chamber 4-1, depending on the specific design of the pumping device, the left diaphragm 8-1 is moved back by the drive piston 12 from the right intake stroke terminal position "b" to the left intake stroke starting position "a", which is referred to here as the pressure stroke, so that it can then carry out another intake stroke.

[0021] The diaphragm 8-2, which is shown on the right in Figure 1 and is driven by the drive 10, and the associated valves 38-2, 42-2, 45-2 [*sic; "45-2" is not a valve but rather the compressed gas source for metering chamber 4-2 -- Tr. Ed.*] and 46-2 carry out corresponding operations with respect to the associated right metering chamber 4-2, the associated right powder intake port 36-2, the associated right powder discharge port 40-2, and a right compressed gas source 45-2, e.g., a compressed air source. However, the right diaphragm 8-2 makes its pressure stroke while the left diaphragm 8-1 is making its intake stroke, and vice versa.

[0022] Each of the two powder intake valves 38-1 and 38-2 has a valve body 38-3 and a valve seat 38-4 with a valve port, which can be closed by the valve body 38-3. Each of the two powder discharge valves 42-1 and 42-2 has a valve body 42-3 and a valve seat 42-4 with a valve port, which can be closed by the valve body 42-3.

[0023] The two powder discharge ports 40-1 and 40-2 shown in Figure 1 have a common

powder delivery port 48, to which a powder receiver is connected by a powder delivery line 50. The powder receiver may be, for example, a powder spray device 52 for spraying the powder 54 onto an object to be coated, or an intermediate powder tank, from which the powder 54 is then supplied to a powder spray device 52, or a powder collecting tank.

[0024] The two powder intake ports 36-1 and 36-2 can have separate connections or a common connection to a common powder source or to different powder sources. As shown in Figure 2, they are preferably connected to a color changer 60 by a common powder intake 56 and by a powder suction line 58 [*sic; all of these items are shown in Figure 1, not Figure 2 -- Tr. Ed.*]. The color changer 60 is a channel switching device or powder switching device, by which, depending on how the switches are set, one of several powder tanks 62, 63, 64, etc, is selectively connected with the powder suction line 58. The color changer 60 is preferably switched by means of compressed gas, e.g., compressed air, from a compressed gas source, e.g., a compressed air source 66, via a controlled system of valves 67.

[0025] The color changer 60 can also be switched into a switching position in which none of the powder tanks 62, 63, 64 is connected with the powder suction line 58, but rather the compressed gas source 66 is connected with the powder suction line 58 via a compressed gas line 69, so that, for the purpose of cleaning the entire system of residual powder, compressed gas, e.g., compressed air, can flow through the powder intake ports 36-1, 36-2, their powder intake valves 38-1, 38-2, the metering chambers 4-1, 4-2, their powder discharge valves 42-1, 42-2 and the powder discharge ports 40-1, 40-2 to the powder delivery line 50 and from there through the powder spray device 52 into the outside atmosphere. At the same time as or after this cleaning, it is also possible, by means of a pump control unit 68, which is preferably electronic or computerized, to blow compressed gas, e.g., compressed air, from the compressed gas sources

45-1 and 45-2 through the compressed gas intake ports 44-1 and 44-2 and their corresponding controllable compressed gas intake valves 46-1 and 46-2 and into one end of the metering chambers 4-1 and 4-2 and thus to blow powder out of the metering chambers at the other end of the chambers through the powder discharge valves 42-1 and 42-2 and the following powder discharge ports 40-1 and 40-2 and then through the powder delivery line 50 and the powder spray device 52. Each of the powder intake ports 44-1 and 44-2 can have a compressed gas cleaning channel 72-1 and 72-2, respectively, arranged parallel to it, which is directed against the downstream parts of the powder intake valves 38-1 and 38-2, respectively, in order to clean these parts of powder particles, unless the compressed gas intake ports 44-1 and 44-2, respectively, are already directed against the downstream areas of the powder intake valves 38-1 and 38-2, respectively, and thus clean these areas.

[0026] At the same time as or after this cleaning, a valve 71 can be opened by the pump control unit 68 via a control line 70 to blow compressed gas, e.g., compressed air, from a compressed gas source 75 through supplementary gas lines 73-1 and 73-2, respectively, towards the downstream parts of the powder discharge valves 42-1 and 42-2, respectively, against which the supplementary gas line is directed, and from there through the powder discharge ports 40-1 and 40-2, respectively, and the powder delivery line 50 to the powder spray device 52, from which it is conveyed into the outside atmosphere.

[0027] The pump control unit 68 [*"Pumpeneinrichtung" in the German text should read "Pumpensteuereinrichtung" -- Tr. Ed.*] controls all controllable valves and the color changer 60.

[0028] The pump control unit 68 contains a timing device 74, by which, as a function of the predetermined time delay that has elapsed since a predetermined intake stroke position, e.g., P1 or P2, of the diaphragm 8-1 shown on the left, and a predetermined intake stroke position,

e.g., P4 or P3, of the diaphragm 8-2 shown on the right, the delivery of powder from the metering chamber in question 4-1 or 4-2 is started. At the end of the time delay, the compressed gas from the compressed gas source 45-1 or 45-2 is admitted into the metering chamber 4-1 or 4-2 through the compressed gas intake valve 46-1 or 46-2, so that the amount of powder metered by the end of the time delay is pushed out of the metering chamber by this compressed gas, through the corresponding powder discharge valve 42-1 or 42-2, into the powder delivery line 50 and from there to the powder spray device 52 or to a powder tank.

**[0029]** In accordance with one embodiment, the aforesaid “predetermined intake stroke position” can be the intake stroke starting position “a”, which corresponds to P1 for the left diaphragm 8-1, and “d”, which corresponds to P4 for the right diaphragm 8-2, which in Figure 1 are the positions “a”, which is represented by the solid line for the diaphragm 8-1 shown on the left, and “d”, which is represented by the solid line for the diaphragm 8-2 shown on the right.

**[0030]** For the diaphragm 8-1 shown on the left in Figures 1 and 2, the intake stroke starting position “a” is detected by a sensor S1 at a position P1. This is simultaneously the pressure stroke terminal position for the left diaphragm 8-1. For the right diaphragm 8-2, the position P1 at sensor S1 is the intake stroke terminal position and simultaneously the pressure stroke starting position.

**[0031]** For the diaphragm 8-2 shown on the right in Figures 1 and 2, the intake stroke starting position “d” is detected by a sensor S4 at a position P4. This is simultaneously the pressure stroke terminal position for the right diaphragm 8-2. For the left diaphragm 8-1, the position P4 at sensor S4 is the intake stroke terminal position and simultaneously the pressure stroke starting position.

**[0032]** When the diaphragms 8-1 and 8-2 have reached a terminal position “a”

corresponding to “c” or “d” corresponding to “b”, which corresponds to the sensor S1 at P1 or the sensor S4 at P4, the given sensor transmits a signal to the pump control unit 68 to reverse the motion of the drive piston 12 and thus of the two diaphragms in one direction or the other by supplying compressed air to one of the compressed air ports 26 or 28 and venting the other compressed air port 26 or 28.

[0033] When, in the given embodiment of the pumping device, the specified “predetermined intake stroke position” is the intake stroke starting position “a” or “d” of the diaphragm 8-1 or of the diaphragm 8-2, respectively, then, on the basis of the signals of the sensors S1 and S4, the timing device 74 of the pump control unit 68 detects when the diaphragms 8-1 and 8-2 have reached the terminal position in question.

[0034] The sensors S1 and S4 can be arranged in any desired location where positions of the diaphragms 8-1 and 8-2 can be determined, especially in locations of the cylinder 22 or of the drive piston 12 or of the piston rods 14-1 and 14-2 or of the chamber housing 6-1, 6-2 or of the diaphragms 8-1 and 8-2. In accordance with a preferred embodiment, they are arranged on the cylinder 22, preferably on its outside, at positions P1 and P4, which correspond to the positions of the drive piston 12 when the diaphragms 8-1 and 8-2 are in one of the two terminal positions.

[0035] In accordance with the invention, metered powder can be discharged from the left metering chamber 4-1 through the powder discharge valve 42-1 by compressed gas from the compressed gas source 45-1, and metered powder can be discharged from the right metering chamber 4-2 through the powder discharge valve 42-2 by compressed gas from the compressed gas source 45-2 not only when the intake stroke terminal position “b” of the left diaphragm 8-1 has been reached and when the intake stroke terminal position “c” of the right diaphragm 8-2 has been reached, but also at an earlier time, when a smaller amount of powder is present in the



given metering chamber. This is achieved by a time delay, which can be adjusted in the timing device 74, preferably variably. This makes it possible discharge smaller metered amounts of powder from the given metering chamber 4-1 or 4-2 before the corresponding diaphragm 8-1 or 8-2 has completed its full intake stroke. In this regard, the corresponding powder intake valve 38-1 or 38-2 can be immediately closed when compressed gas from the compressed gas source 45-1 or 45-2 is blown into the given metering chamber 4-1 or 4-2 through the compressed gas intake port 44-1 or 44-2. Depending on the length of the predetermined time delay, a larger or smaller amount of powder has been drawn into the given metering chamber at the time of the powder discharge. This makes it possible, by adjustment of different time delays, to vary the metered amount of powder delivery of the metering chambers 4-1 and 4-2 independently of the frequency with which the diaphragms 8-1 and 8-2 are moved back and forth by the common drive 10. The frequency of movement of the diaphragms can be held constant or can likewise be variable.

[0036] In accordance with a preferred embodiment of the invention, the “predetermined intake stroke position” is located at a point between the intake stroke starting position “a” or “d” and the intake stroke terminal position “b” or “a” [*sic; should be “b” or “c” -- Tr. Ed.*], preferably closer to the intake stroke starting position than the intake stroke terminal position.

[0037] In the preferred embodiment, this predetermined intake stroke position is defined for the diaphragm 8-1 shown on the left in Figures 1 and 2 by a sensor S2 at a position P2 and for the diaphragm 8-2 shown on the right in Figures 1 and 2 by a sensor S2 at a position P3. Like sensors S1 and S2 [*sic; should be “S4” -- Tr. Ed.*], the two sensors S2 and S3 can be placed in any desired location where they can detect well-defined positions of the diaphragms 8-1 and 8-2 between their terminal positions a, b, c and d, for example, on the cylinder 22, on the drive piston

12, on its piston rods 14-1 and 14-2, on the diaphragms themselves or on the chamber housing 6-1, 6-2. In accordance with a preferred embodiment of the invention, they are installed on the cylinder 22. A signal is triggered when the drive piston 12 or a certain part of the drive piston 12 is adjacent to the given sensor. The sensor S2 transmits a signal to the timing device 74 of the pump control unit 68 whenever the left diaphragm 8-1 reaches a position that corresponds to the sensor S2. This position is selected in such a way that it corresponds to the predetermined intake stroke position of the left diaphragm 8-1 during the intake stroke. Similarly, the sensor S3 transmits a signal to the timing device 74 of the pump control unit 68 whenever the right diaphragm 8-2 reaches a position that corresponds to the sensor S3. This position is selected in such a way that it corresponds to the predetermined intake stroke position of the right diaphragm 8-2 during the intake stroke. The succession of signals of the installed sensors with respect to time allows the timing device 74 to recognize whether, when it receives a signal of the sensor S2 or of the sensor S3, the left diaphragm 8-1 or the right diaphragm 8-2 is carrying out an intake stroke at this time. In the case of an intake stroke, the time delay device 74 initiates the time delay, at the end of which compressed gas is allowed to enter the metering chamber 4-1 or the metering chamber 4-2 to force out the metered amount of powder.

**[0038]** In accordance with the preferred embodiment, the distance moved by the diaphragms 8-1 and 8-2 in all stroke movements is the same constant amount and extends from sensor S1 to sensor S4 and vice versa, respectively. The distance moved by the diaphragms 8-1 and 8-2 could also be shortened by suitable control of the drive compressed air by the switching valve 30.

**[0039]** Figure 2 shows a diagram above the pumping device. The stroke distance of the drive piston 12, which corresponds to the distance moved by the diaphragms 8-1 and 8-2, is

plotted on the horizontal axis S of the diagram, with the terminal position P1 at the sensor S1, the terminal position P4 at the sensor S4, the predetermined intake partial stroke position P2 at the sensor S2 and the predetermined intake partial stroke position P3 at the sensor S3. The intake stroke times  $lt_0$  to  $lt_{10}$  for the left diaphragm 8-1 are plotted on the vertical axis of the diagram. In the opposite direction, from the terminal position P4 to the terminal position P1, this corresponds to the pressure stroke of the left diaphragm 8-1. When the left diaphragm 8-1 moves to the right from the stroke intake starting position P1, it reaches the predetermined intake partial stroke position P2 at the sensor S2. When this predetermined intake partial stroke position P2 is reached, a predetermined, preferably variably adjustable, time delay is initiated by the timing device 74, at the expiration of which the compressed gas from the compressed gas source 45-1 is allowed to enter the metering chamber 4-1 through the compressed gas intake port 44-1, so that the compressed gas pushes the amount of powder that has been drawn into the metering chamber 4-1 up until that point into and through the powder delivery line 50 and out of the powder spray device 52. The end of the time delay can be any desired point in time during which the drive piston 12 and thus the left diaphragm 8-1 are located between the predetermined intake partial stroke position P2 at the sensor S2 and the intake stroke terminal position P4 at the sensor S4.

[0040] When the drive piston 12 has reached the sensor S4 in the terminal position P4, this is detected by the pump control unit 68 by a signal of the sensor S4. The pump control unit 68 then switches the switching valve 30 into the position shown in Figure 1, in which compressed air from the compressed air source 32 drives the drive piston 12 back to the other terminal position P1 at the sensor S1. A signal from the sensor S1 then starts the cycle over again. The motion of the two diaphragms 8-1 and 8-2 and thus of the drive piston 12 from one

direction of motion to the other direction of motion at the terminal points of motion can be switched with or without a time delay in each case. The time delay can be fixed or variably adjustable and, for example, can be programmed in a program.

[0041] During the movement of the drive piston 12 from the right terminal position P4 at the sensor S4 to the left terminal position P1 at the sensor S1, the left diaphragm 8-1 is moved from its pressure stroke initial position “b,” which corresponds to the intake stroke terminal position and is indicated by the broken line, to its pressure stroke terminal position “a”, which corresponds to the solid line 8-1.

[0042] During this pressure stroke of the left diaphragm 8-1, the right diaphragm 8-2 is moved by the drive piston 12 from its intake stroke starting position “d” (pressure stroke terminal position), which is shown as a broken line, to its intake stroke terminal position “c,” which is shown as a solid line, thereby drawing powder from the color changer 60 into its metering chamber 4-2 through the powder intake valve 38-2. During this intake stroke, when the drive piston 12, starting from position P4 at S4, reaches the predetermined intake stroke position P3 at the sensor S3, a signal of this sensor S3 causes the timing device 74 to initiate a predetermined, preferably variably adjustable, time delay. At the expiration of this time delay, the timing device 74 triggers the pump control unit 68 to admit compressed gas from the compressed gas source 45-2, which is shown on the right in Figure 1, into the right metering chamber 4-2 through its compressed gas intake valve 46-2 and its compressed air intake port 44-2 to force the suitably metered amount of powder that has been drawn into the chamber at this point out of this metering chamber 4-2, through the powder discharge valve 42-2 and to the powder delivery line 50, from which it is then forced through the powder spray device 52. This point in time, at which the powder is discharged from the metering chamber 4-2 by the

compressed gas, can be at any desired point of the movement of the drive piston 12 between the predetermined intake stroke position P3 at the sensor S3 and the intake stroke terminal position P1 at the sensor S1. This corresponds to a period of time between the times  $rt_0$  and  $rt_{10}$  on the time scale shown in the upper half of the diagram in Figure 2. When the right diaphragm 8-2 has reached its intake stroke terminal position “c”, the left diaphragm 8-1 has simultaneously reached its pressure stroke terminal position “a”, which becomes its intake stroke starting position at the same time.

[0043] The cycle then starts over from the beginning.

[0044] The numbers of the time axes  $lt_0$  to  $lt_{10}$  and  $rt_0$  to  $rt_{10}$  are chosen as desired.

[0045] If the compressed gas intake valves 46-1 and 46-2, which are controlled by the pump control unit 68 as a function of signals of the terminal position sensors S1 and S4, cannot be positioned very close to the respective metering chambers 4-1 and 4-2, it can be advisable to install a check valve 76-1 and 76-2, respectively, in the compressed gas intake port 44-1 and 44-2, respectively, or in its feed line to the controlled valve, close to the inlet of the compressed gas intake port 44-1 or 44-2 into the metering chamber 4-1 and 4-2, respectively. This check valve automatically opens in the compressed gas feed direction and automatically closes in the opposite direction of flow. This prevents powder particles from being able to travel back from the metering chambers 4-1 and 4-2 into the compressed gas intake valves 46-1 and 46-2, respectively.

[0046] In accordance with the preferred embodiment of the invention, the powder intake valves 38-1 and 38-2 and/or the powder discharge valves 42-1 and 42-2 are not controlled valves, but rather are automatically opening and closing valves like a check valve. In this regard, the powder intake valves 38-1 and 38-2 are installed in such a way that they are opened by the

suction or underpressure in their metering chambers 4-1 and 4-2, respectively, during the intake strokes of the corresponding diaphragms 8-1 and 8-2 to draw powder into the metering chambers 4-1 and 4-2 from the given powder tank 62, 63 or 64 through the powder intake ports 36-1 and 36-2, respectively. The gas pressure of the compressed gas source 45-1 or 45-2 used to discharge the metered amount of powder from the given metering chamber 4-1 or 4-2 is greater than the underpressure and causes the powder intake valve 38-1 or 38-2 to close automatically. In accordance with another embodiment, the powder intake valves 38-1 and 38-2 and/or the powder discharge valves 42-1 and 42-2 are valves controlled by the pump control unit 68.

**[0047]** The powder discharge valves 42-1 and 42-2 are installed in the opposite way from the powder intake valves. In this way, the given powder discharge valve 42-1 or 42-2 is closed by the underpressure during the intake stroke of the corresponding diaphragm 8-1 or 8-2 and opened by the compressed gas in the metering chambers for discharging the metered amount of powder, so that the compressed gas forces the metered amount of powder through the open powder discharge valve 42-1 or 42-2 and the following powder discharge port 40-1 or 40-2 into the powder delivery line 50 and the powder spray device 52. The compressed gas overcomes the underpressure.

**[0048]** The powder suction line 58 could go directly to one of the powder tanks 62, 63 or 64 instead of to a color changer 60.

**[0049]** The powder spray device 52 can have a nozzle or a rotating head or a rotating nozzle for spraying the powder, as is well known from the state of the art.

**[0050]** The invention thus specifies a method for delivering powder, especially coating powder, in which powder can be drawn into a metering chamber 4-1 or 4-2 from a powder source by increasing the volume of the metering chamber 4-1 or 4-2, and then the metered

amount of powder can be forced out of the metering chamber by compressed gas. The cycle can be repeated periodically. A predetermined phase or position of the periodically occurring volume changes of the metering chambers 4-1 and 4-2 is determined by the sensors S1, S4, S2, and S3, and after a predetermined time delay after the predetermined phase has been reached, the amount of powder that has been metered up to that point is pushed out of the metering chambers 4-1 and 4-2 by the compressed air.

[0051] It is evident that the invention can also be carried out with only one metering chamber 4-1 or 4-2 without a second metering chamber 4-2 or 4-1. It is also evident that each diaphragm 8-1 and 8-2 can have its own drive 10 instead of a single drive 10 for both diaphragms 8-1 and 8-2.

[0052] The use of diaphragms 8-1 and 8-2 as displacement elements allows a small, compact construction. However, the invention is not limited to the use of a diaphragm, but rather a piston in a cylinder can also be used instead of a diaphragm.

[0053] Figure 3 shows an embodiment of the invention in which a piston is used as the displacement element instead of a diaphragm. Figure 3 also shows the possibility of providing each displacement element (diaphragm or piston) with its own drive instead of using a single drive for two or more displacement elements (diaphragms or pistons).

[0054] In Figure 3, parts that correspond to analogous parts in Figures 1 and 2 are labeled with the same reference numbers. Accordingly, the above description of Figures 1 and 2 also applies to Figure 3. Figure 3 also illustrates the possibility of arranging the sensors S1, S2, S3 and S4 not for detecting the positions of the drive piston 12 but rather for detecting the respective positions of the displacement piston 8-1 and 8-2. However, in Figure 3, there is also the possibility of assigning these sensors to the drive piston 12 or to another element instead of to

the displacement pistons 8-1 and 8-2.

[0055] In Figure 3, each powder intake port 36-1 and 36-2 is provided with its own powder suction line 58, which can lead to different powder sources (powder tanks or color changers) or, as shown in Figure 3, to a common powder source, e.g., a powder tank 62. Instead of this embodiment, it is also possible, as in Figure 1, to provide a common powder suction line 58 for both powder intake ports 36-1 and 36-2. These can lead directly to a powder tank, e.g., 62, or to a color changer 60, as shown in Figure 1.

[0056] Features of Figures 1 and 2, on the one hand, and of Figure 3, on the other hand, can be interchanged to form new combinations.

[0057] The invention can also be used for combinations of three or more powder pumps, whose powder intake ports are connected or can be connected to a common powder source or to different powder sources, and whose powder discharge ports are all connected with a common powder delivery port, wherein a pump control unit is designed in such a way that it controls the pumps to carry out their intake strokes staggered relative to each other with respect to time and also to carry out their pressure strokes with corresponding staggering with respect to time, so that the pumps draw in powder staggered relative to each other and deliver metered amounts of powder staggered relative to each other, but for at least one pump, its displacement element (diaphragm or displacement piston) is in an intermediate position between terminal positions when the displacement element of at least one of the other pumps is in a terminal position.

[0058] All of the aforesaid compressed gases and compressed gas sources can be compressed air and compressed air sources. However, other compressed gases and corresponding compressed gas sources can also be used. e.g., noble gases and noble gas sources. Two or more or all of the aforesaid compressed gas sources together can be a single compressed



gas source, from which the various compressed gases can be taken.

[0059] In the preferred embodiments of the invention shown in Figures 1, 2, and 3, the pump control unit 68 is designed to effect the switching of the motions of the displacement elements 8-1 and 8-2 from intake stroke to pressure stroke and vice versa as a function of signals from the sensors S1 and S4, each of which generates a signal when the displacement element 8-1 or 8-2 is located along the stroke path at one or the other of two predetermined motion reversal positions.

[0060] This is only one possible means by which the pump control unit 68 can detect when the given displacement element 8-1 or 8-2 is located in a predetermined intake stroke position.

[0061] Another possibility is embodied in another preferred embodiment of the invention, which is shown schematically in Figure 4. In the embodiment of Figure 4, the pump control unit 68 contains a cycle timing element 80, by which the time-delayed injection of compressed gas into the metering chamber 4-1 or 4-2 is subject to a fixed cycle time. After this cycle time has elapsed, the pump control unit 68 transmits control signals to the switching valve 30, which produces the motions of the displacement elements 8-1 and 8-2 and thus the oppositely directed volume changes of the two metering chambers 4-1 and 4-2 by conveying compressed gas into and out of the cylinder 22 of the drive 10.

[0062] These control signals, preferably the control signal for starting the intake stroke, also simultaneously initiate the time delay of the timing device 74. As soon as the predetermined time delay has elapsed, compressed gas is introduced into one of the metering chambers 8-1 [*sic; should be "4-1" Tr. Ed.*] through its compressed gas intake valve 46-1 or into the other metering chamber 4-2 through the other compressed gas intake valve 46-2 to deliver powder in the manner

described earlier with reference to Figures 1 to 3. The difference from Figures 1 to 3 is that the pump control unit 68 detects the predetermined intake stroke position of the displacement elements 8-1 and 8-2 not on the basis of sensor signals (sensors S1, S2, S3, S4) but rather by control signals, which are generated in each case at the expiration of the cycle time of the cycle timing element 80.

[0063] In this regard, it is assumed that the drive piston 12 and thus the displacement elements 8-1 and 8-2 have reached their predetermined terminal positions at the expiration of the cycle time. Deviations between the predetermined terminal positions and the terminal positions actually reached can arise if the resistance to motion of the elements that are to be moved changes, for example, due to material wear, material fatigue or fouling. To detect these kinds of deviations between reference positions and actual positions, a sensor S5 can be installed at a position P5 along the path of movement of the displacement elements 8-1 or 8-2 or along an element that is connected with them and moves together with them, preferably the drive piston 12, and some distance from its terminal positions. This sensor S5 supplies a signal to the pump control unit 68 when the given element, which in the preferred embodiment is the drive piston 12, is in position P5 of the monitoring sensor S5. By comparing the time of the monitoring signal of the monitoring sensor S5 with the time of the control signal for switching the direction of motion of the drive piston 12, the pump drive control unit 68 can calculate whether the drive piston 12 has reached the monitoring sensor S5 in a predetermined period of time (or at a predetermined speed), which is necessary for it also to reach its terminal position at the right time. In the event of deviations by a predetermined value, the pump control unit 68 can generate a trouble signal (or warning signal).

[0064] In addition to the monitoring sensor S5, Figure 4 shows another monitoring

sensor S6 at a position P6, which is located some distance in the direction of motion of the drive piston 12 from the monitoring sensor S5 and also some distance from the two terminal positions of the drive piston 12, for generating a monitoring signal in the pump control unit 68 whenever the drive piston 12 is located opposite one of these two monitoring sensors S5 or S6. In this embodiment of the invention, the pump control unit 68 can determine whether the displacement elements 8-1, 8-2 will reach their respective predetermined terminal positions within the cycle time by comparing the time difference between the generation of the two monitoring signals of the two monitoring sensors S5 and S6 with a reference time interval. In this embodiment, the pump control unit can also calculate the speed of the drive piston 12 or of the displacement elements 4-1, 4-2 [*sic; should be "8-1, 8-2" -- Tr. Ed.*] on the basis of the time difference and compare it with a reference speed. If there are deviations between the reference time and the actual time or between the reference speed and the actual speed and thus deviations between the predetermined terminal position and the terminal position actually reached by the drive piston 12 at its point of motion reversal by a certain deviation value, the pump control unit 68 can generate a trouble signal.

[0065] The trouble signal can be used for various purposes, for example, for optical and/or acoustic warning of the trouble or for storing the fault value in the memory of a computer for diagnostic purposes.

[0066] In accordance with another embodiment of the invention, the trouble signal can be used for the purpose of suitably controlling the switching valve 30 as a function of the difference between the reference time (or speed) and the actual time (or speed) of the drive piston 12 in such a way that the changed speed of the drive piston 12 is compensated by a change in its stroke frequency, so that the powder volume delivery of the pumping device remains

constant within a predetermined tolerance range.

[0067] The embodiment of Figure 4 is identical to the embodiment of Figures 1 and 2 except that the pump control unit 68 contains the cycle timing element 80, and the sensors S1, S2, S3, and S4 are replaced by the two monitoring sensors S5 and S6. Identical parts have the same reference numbers in each case.

[0068] The embodiments of the invention described with reference to Figure 4 can also be applied to embodiments that have pistons as the displacement elements 8-1 and 8-2, as illustrated in Figure 3, rather than diaphragms, as illustrated in Figures 1, 2, and 4.

[0069] In accordance with preferred embodiments of the invention, the cycle time and/or the time delay can be variably adjustable. In accordance with an especially preferred embodiment of the invention, in order to adjust to a desired change in the amount of powder delivered per unit time, the cycle time is held constant, and the time delay can be variably adjusted to set the desired amount of powder delivered per unit time. The time delay here is the period of time by which the start of the delivery of the powder from the given metering chamber 4-1 or 4-2 is delayed after expiration of the given cycle time at which the displacement element 8-1 or 8-2 was switched from pressure stroke to intake stroke.

[0070] Figures 5 to 8 show another embodiment of the invention, in which the powder intake valves 38-1 and 38-2 and/or the powder discharge valves 42-1 and 42-2 are automatically operating one-way duckbill valves, which are automatically opened in the forward direction by the pressure of the compressed gas and are automatically closed in the backward direction by the pressure of the compressed gas and/or by their own material elasticity. A one-way valve of this type is labeled by reference number 38/42 in Figures 5 to 8. It consists of a one-piece body made of an elastic material, for example, rubber. It contains a cylindrical part 82 with a radially

outwardly projecting annular flange 84 at one end and with a tubular part 86 that tapers like a duck's bill at the other end.

[0071] When no pressure difference is acting on the one-way valve in either direction, it is closed by its own material elasticity, as in the longitudinal section shown in Figure 5 and in the front view towards the tip of the valve shown in Figure 6. The valve closing force is increased when compressed gas 88 acts on the one-way valve in the backward direction of the valve, as shown in Figure 5.

[0072] When the one-way valve 38/42 is acted on by compressed gas 90 in the forward direction, the compressed gas 90 pushes the two parts 86-1 and 86-2 of the duck's bill apart, causing the valve to open. This open position of the one-way valve is shown in longitudinal section in Figure 7 and in a front view against the forward direction in Figure 8.

[0073] Figure 9 shows the one-way valve 38/42 in a side view, turned 90° relative to Figures 5 and 7.

[0074] In all of the embodiments of the invention, a delay can be provided at the motion reversal points (dead-center points) of the displacement elements 8-1, 8-2, during which the pumping device can rest before the next stroke movement begins.

[0075] The specification, claims and drawings describe and illustrate preferred embodiments of the invention without limiting the invention to these embodiments. However, the invention also encompasses any desired combinations of at least two features from the specification, the claims and/or the drawings.

## CLAIMS

1. Pumping device for powders (54), especially coating powders, which contains at least one powder pump (2-1, 2-2), which has a metering chamber (4-1, 4-2), which is bounded by a chamber housing (6-1, 6-2) and a displacement element (8-1, 8-2), which can be moved forward relative to the chamber housing during a pressure stroke and back during an intake stroke, wherein the pump chamber has a powder intake port (36-1, 36-2), to which a powder intake valve (38-1, 38-2) is assigned, a powder discharge port (40-1, 40-2), to which a powder discharge valve (42-1, 42-2) is assigned, and a compressed gas intake port (44-1, 44-2), to which a compressed gas intake valve (46-1, 46-2) is assigned, and wherein, to allow the intake of a metered amount of powder (54) into the metering chamber (4-1, 4-2), the powder intake valve (38-1, 38-2) can be opened, and the powder discharge valve (42-1, 42-2) and the compressed gas intake valve (46-1, 46-2) can be closed, so that the displacement element moving in the direction of the intake stroke can draw powder (54) into the metering chamber (4-1, 4-2) through the powder intake port (36-1, 36-2), and to convey the metered amount of powder out of the metering chamber (4-1, 4-2), the powder intake valve (38-1, 38-2) can be closed, and the powder discharge valve (42-1, 42-2) and the compressed gas intake valve (46-1, 46-2) can be opened, so that compressed gas flowing from the compressed gas intake port (44-1, 44-2) into the metering chamber (4-1, 4-2) can force the metered amount of powder out of the metering chamber (4-1, 4-2) and into the powder discharge port (40-1, 40-2), and a pump control unit (68) for controlling the compressed gas intake valve (46-1, 46-2), characterized by the fact that the pump control unit (68) has a timing device (74), by which, as a function of the predetermined time delay that has elapsed since a predetermined operating situation, the delivery of the powder from the metering chamber (4-1, 4-2) is started by admitting the compressed gas into the metering chamber (4-1, 4-

2) at the end of the time delay, and the amount of powder metered by the end of the time delay is forced out of the metering chamber (4-1, 4-2) by the compressed gas.

2. Pumping device in accordance with Claim 1, characterized by the fact that the pump control unit (68) has a cycle timing element [*The author no doubt meant to insert "80" here -- Tr. Ed.*] and, each time a predetermined cycle time has elapsed, transmits control signals to a switching device (34) [*sic? "34" was identified as a vent in [0018], so we suppose that by "switching device" they mean the "switching valve 30" -- Tr. Ed.*] for switching the motion of the displacement element (8-1, 8-2) from intake stroke to pressure stroke and, in the opposite direction, from pressure stroke to intake stroke in the rhythm of the predetermined cycle time, and that the pump control unit (68) is designed to initiate the predetermined time delay at the timing device (74) as a function of the time of generation of the control signal that effects the start of the intake stroke, such that the compressed gas is admitted into the metering chamber (4-1, 4-2) at the end of the time delay, and the amount of powder metered by the end of the time delay is forced out of the metering chamber (4-1, 4-2) by the compressed gas.

3. Pumping device in accordance with Claim 1 or Claim 2, characterized by the fact that at least one monitoring sensor (S5, S6) is provided for detecting when the displacement element (8-1, 8-2) is in a predetermined position and for generating a sensor signal when it detects that the displacement element is in the predetermined position; that the pump control unit (68) is functionally connected with the one or more monitoring sensors; and that the pump control unit (68) is designed for automatically comparing the time of the sensor signal with the time of at least one of the control signals to check whether the time interval between the two times deviates from a predetermined value and for generating a trouble signal if a predetermined deviation from the predetermined value occurs.

4. Pumping device in accordance with Claim 1 or Claim 2, characterized by the fact that at least two monitoring sensors (S5, S6) are provided and are connected with the pump control unit (68) for detecting when each displacement element (8-1, 8-2) is in one of two different predetermined positions and for generating sensor signals when they detect that the displacement element is in the predetermined positions, and that the pump control unit (168) [*sic; should be "68" -- Tr. Ed.*] is designed to compare the time difference between the signals of one of the monitoring sensors and the signals of the other monitoring sensor with a predetermined time interval and to generate a trouble signal if the time difference deviates from the predetermined interval by more than a predetermined value.

5. Pumping device in accordance with Claim 1, characterized by the fact that the pump control unit (68) has a timing device (74) for starting the delivery of powder from the metering chamber as a function of the predetermined time delay that has elapsed since a predetermined intake stroke position of the displacement element (8-1, 8-2), such that the compressed gas is admitted into the metering chamber (4-1, 4-2) at the end of the time delay, and the amount of powder metered by the end of the time delay is forced out of the metering chamber (4-1, 4-2) by the compressed gas.

6. Pumping device in accordance with Claim 5, characterized by the fact that the predetermined intake stroke position is an intake stroke starting position.

7. Pumping device in accordance with Claim 5, characterized by the fact that the predetermined intake stroke position is between an intake stroke starting position and an intake stroke terminal position.

8. Pumping device in accordance with Claim 5, characterized by the fact that the predetermined intake stroke position between an intake stroke starting position and an intake



stroke terminal position is closer to the intake stroke starting position than to the intake stroke terminal position.

9. Pumping device in accordance with one or more of the preceding Claims 5 to 8, characterized by the fact that the timing device (74) has at least one sensor (S1, S4; S2, S3) for generating a signal when the displacement element (8-1, 8-2) is in the predetermined intake stroke position.

10. Pumping device in accordance with any of Claims 5 to 9, characterized by the fact that a pump control unit (68) is provided, by which the switching of the motions of the displacement elements (8-1, 8-2) from intake stroke to pressure stroke and vice versa occurs as a function of signals from sensors (S1, S4), each of which generates a signal when the displacement element (8-1, 8-2) is located along the stroke path at one or the other of two predetermined motion reversal positions.

11. Pumping device in accordance with one or more of the preceding claims, characterized by the fact that the distance moved by the displacement elements (8-1, 8-2) in all stroke movements is the same constant amount.

12. Pumping device in accordance with one or more of the preceding claims, characterized by the fact that at at least one of the motion reversal dead-center points of the displacement elements (8-1, 8-2), a second time delay is provided before the displacement element (8-1, 8-2), after completing a movement in one direction, is moved in the other direction.

13. Pumping device in accordance with one or more of the preceding claims, characterized by the fact that the time delay is variably adjustable.

14. Pumping device in accordance with one or more of the preceding claims,

characterized by the fact that the displacement element (8-1, 8-2) is a flexible diaphragm.

15. Pumping device in accordance with one or more of the preceding claims, characterized by the fact that the powder intake valve (38-1, 38-2) and the powder discharge valve (42-1, 42-2) are automatic valves that automatically open and close as a result of a pressure difference between the two sides of the valve.

16. Pumping device in accordance with Claim 15, characterized by the fact that the powder intake valve (38-1, 38-2) and the powder discharge valve (42-1, 42-2) are automatic valves that operate as check valves by differential gas pressure over their valve bodies (38-3, 42-3), such that the valve body (38-3, 42-3) can be moved relative to a valve seat (38-4, 42-4) into the open position or into the closed position, depending on this differential gas pressure, and can be held in the given position.

17. Pumping device in accordance with Claim 15, characterized by the fact that the powder intake valve (38-1, 38-2) and the powder discharge valve (42-1, 42-2) are automatic duckbill valves, whose duck's bill automatically opens and closes by pressure difference between the inside and outside of the duck's bill.

18. Pumping device in accordance with one or more of the preceding claims, characterized by the fact that at least two of the specified powder pumps (2-1, 2-2) are provided, whose powder intake ports (36-1, 36-2) are connected or can be connected to a powder source, and whose powder discharge ports (40-1, 40-2) are connected or can be connected with a common powder delivery port (48), and that the two powder pumps (2-1, 2-2) can be operated in opposite directions from each other, so that a metered amount of powder can be alternately discharged from the metering chamber (4-1) of one powder pump (2-1) or from the metering chamber (4-2) of the other powder pump (2-2) into the powder discharge port (40-1, 40-2), and

at the same time powder can be alternately drawn into the opposite metering chamber (4-1, 4-2) through the powder intake ports (36-1, 36-2).

19. Pumping device in accordance with Claim 18, characterized by the fact that the displacement elements (8-1, 8-2) of the two pumps have a common drive (10).

20. Powder coating installation, characterized by a pumping device in accordance with one or more of the preceding claims for delivering coating powder.

21. Method for delivering powder (54), especially coating powder, in which powder (54) is drawn into a metering chamber (4-1, 4-2) from a powder source by increasing the volume of the metering chamber (4-1, 4-2), the metered amount of powder is forced out of the metering chamber (4-1, 4-2) by compressed gas, after which the volume of the metering chamber (4-1, 4-2) is reduced, and then the cycle is repeated periodically, characterized by the fact that a predetermined phase of the periodically occurring volume change of the metering chamber (4-1, 4-2) is determined by sensors (S1, S4; S2, S3), and that after a predetermined time delay after the predetermined phase has been reached, the amount of powder that has been metered up to that point is pushed out of the metering chamber (4-1, 4-2) by the compressed gas.

22. Method in accordance with Claim 21, characterized by the fact that at least one valve each is used in each passage consisting of a powder intake port (36-1, 36-2) into the metering chamber (4-1, 4-2) and a powder discharge port (40-1, 40-2) out of the metering chamber (4-1, 4-2), and that the valve automatically opens and closes in the manner of a check valve, depending on the given gas pressure difference between its upstream side and its downstream side.

23. Method for delivering powder (54), especially coating powder, in which powder (54) is drawn into at least one metering chamber (4-1, 4-2) from a powder source by increasing the

volume of the metering chamber (4-1, 4-2), the metered amount of powder is forced out of the metering chamber (4-1, 4-2) by compressed gas, after which the volume of the metering chamber (4-1, 4-2) is reduced, and then the cycle is repeated periodically, characterized by the fact that the volume changes of the one or more metering chambers (4-1, 4-2) are controlled by a predetermined cycle time; that at least one control signal is generated after each predetermined cycle time has elapsed; that the direction of the volume change from increasing to decreasing or from decreasing to increasing is reversed by the one or more control signals, and a predetermined time delay is initiated at the same time; and that the metered amount of powder is forced out of the metering chamber by the compressed gas only after the predetermined time delay has elapsed.

24. Method in accordance with Claim 23, characterized by the fact that the volume changes of the one or more metering chambers (4-1, 4-2) are effected by a displacement element (8-1, 8-2); that the presence of the displacement element in a predetermined position is determined by at least one monitoring sensor (S5, S6), which generates a monitoring signal when it detects the displacement element in the predetermined position; that the time difference between the time of the control signal and the time of the one or more monitoring signals is compared with a predetermined time interval which the time difference would have if the displacement element were to move a predetermined distance within each cycle time; and that a trouble signal is generated if the difference between the time difference and the predetermined time interval exceeds a predetermined value.

25. Method in accordance with Claim 23, characterized by the fact that the volume changes of the one or more metering chambers are effected by a displacement element (8-1, 8-2); that monitoring signals are generated by at least two monitoring sensors (S5, S6), which are

installed some distance apart along a distance that corresponds to the maximum travel distance of the displacement element, when the displacement element is located in a position that corresponds to the position of the sensor; that the time difference between the monitoring signals of one of the monitoring sensors and the monitoring signals of the other monitoring sensor is compared with a predetermined time interval, which the time difference would be equal to if the displacement element were to move a predetermined reference distance within the cycle time; and that a trouble signal is generated at least whenever the time difference deviates from the predetermined time interval by more than a predetermined value.

26. Method in accordance with any of Claims 21 to 25, characterized by the fact that the volumes of two of the metering chambers (4-1, 4-2) are changed at the same time but with their phases displaced relative to each other in such a way that the volume of one of the metering chambers is increased, while the volume of the other metering chamber is decreased, and vice versa.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**